

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA ECONÔMICA  
DE UM "READ OUT" APLICADO A MANDRILADORAS

TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

SIDONIO LUCAS DE FIGUEIREDO FILHO

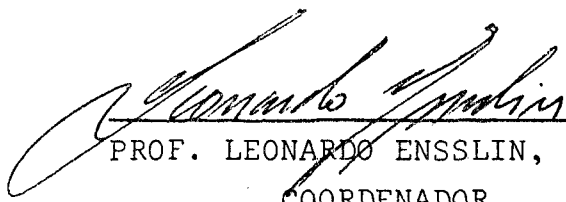
FLORIANÓPOLIS, ABRIL - 1979

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA ECONÔMICA DE UM "READ OUT"  
APLICADO A MANDRILADORAS


SIDÔNIO LUCAS DE FIGUEIREDO FILHO

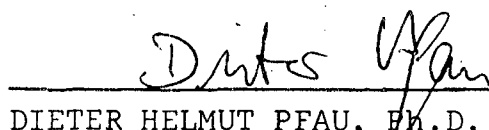
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
"MESTRE EM ENGENHARIA"

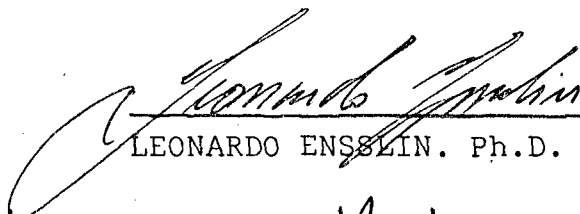
ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, E APROVADA EM SUA  
FORMA FINAL PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO.


  
\_\_\_\_\_  
PROF. LEONARDO ENSSLIN, Ph.D.  
COORDENADOR

APRESENTADA PERANTE A BANCA EXAMINADORA COMPOSTA  
DOS PROFESSORES:

  
\_\_\_\_\_  
JOHN ROBERT MACKNESS, Ph.D.  
(PRESIDENTE)

  
\_\_\_\_\_  
DIETER HELMUT PFAU, Ph.D.  
(ORIENTADOR)

  
\_\_\_\_\_  
LEONARDO ENSSLIN, Ph.D.

  
\_\_\_\_\_  
NELSON BACK, Ph.D.



O.249.204-5

UFSC-BU

AOS MEUS PAIS  
Aurea e Sidonio

## A G R A D E C I M E N T O S

Aos Professores DIETER HELMUT PFAU e JOHN ROBERT MACKNESS, pela eficiente e segura orientação dada no transcorrer do trabalho;

Ao Professor LEONARDO ENSSLIN, pelas idéias e sugestões apresentadas;

À SILVIA NASSAR, pelo estímulo e apoio dispensado;

À CAPES E SUDAM, pelo auxílio financeiro;

Ao Sr. JOSEPH ELBLING Diretor-Presidente da DIGICON S/A, por ter cedido o READ OUT para a realização deste trabalho;

Aos Funcionários e Estagiários do Laboratório de Máquinas Operatrizes da U.F.S.C., pela colaboração nas operações de usinagem;

À ANITA SCHUTZ DE MEDEIROS, pelo auxílio na datilografia;

Ao Professor RAUL VALENTIM DA SILVA e a todos os Professores e Funcionários do DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS da U.F.S.C., que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## S U M Á R I O

CAPÍTULO I	Pag.
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ABORDAGEM DO PROBLEMA.....	1
1.2. DESCRIÇÃO DO READ OUT.....	2
1.3. OBJETIVO DO ESTUDO.....	2
1.4. METODOLOGIA.....	4
1.5. FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA.....	7
 CAPÍTULO II	
2. ANÁLISE DOS TEMPOS.....	8
2.1. OBTENÇÃO DOS TEMPOS.....	8
2.2. DETERMINAÇÃO DA PEÇA PADRÃO.....	8
2.3. ESCOLHA DOS OPERADORES.....	12
2.4. DIVISÃO DA OPERAÇÃO EM ELEMENTOS.....	13
2.5. CRONOMETRAGEM.....	15
2.6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	16
2.7. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	17
2.8. ANÁLISE DA VARIÂNCIA.....	22
2.9. TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS.....	24
 CAPÍTULO III	
3. ANÁLISE DA PRECISÃO.....	28
3.1. OBTENÇÃO DAS MEDIDAS.....	28
3.2. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	28
3.2.1. DISTRIBUIÇÃO DOS ERROS POR OPERADOR.....	29

	Pag.
3.3. ERROS DO PROCESSO.....	34
3.4. PRECISÃO DAS PEÇAS USINADAS.....	36
CAPÍTULO IV	
4. ANÁLISE ECONÔMICA.....	39
4.1. INTRODUÇÃO.....	39
4.2. DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	39
4.3. EXPRESSÃO GERAL DA ECONOMIA DE TEMPOS.....	45
4.4. EXEMPLO.....	46
4.4.1. DETERMINAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DO CAPITAL....	47
4.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	49
CAPÍTULO V	
5. CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES.....	55
5.1. CONCLUSÕES.....	55
5.2. LIMITAÇÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXO 1. FOLHA DE OBSERVAÇÕES.....	60
ANEXO 2. TEMPOS OBTIDOS NA CRONOMETRAGEM.....	65
ANEXO 3. TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS.....	74
ANEXO 4. NÍVEIS DE EXPERIÊNCIA DOS OPERADORES.....	82

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1. VISTAS FRONTAL E LATERAL DE UM "Read Out".....	3
FIGURA 2. ESQUEMA DA MONTAGEM DA ESCALA E SLIDER.....	4
FIGURA 3. MANDRILADORA HORIZONTAL.....	5
FIGURA 4. PEÇA PADRÃO ADOTADA PARA O ESTUDO.....	11
FIGURA 5. TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTOS.....	18
FIGURA 6. TEMPOS DE POSICIONAMENTOS DE DIMENSÕES INTEIRAS	19
FIGURA 7. TEMPOS DE POSICIONAMENTOS DE DIMENSÕES FRACIONADAS	20
FIGURA 8. TEMPOS DE POSICIONAMENTOS PARA FRESAGEM.....	21
FIGURA 9. NÚMERO DE POSICIONAMENTOS DE DIMENSÕES INTEIRAS...	37
FIGURA 10. NÚMERO DE POSICIONAMENTOS DE DIMENSÕES FRACIONADAS	37
FIGURA 11. RECUPERAÇÃO DO CAPITAL PARA AS DIFERENTES CLAS SES DE OPERADORES (SITUAÇÃO DESFAVORÁVEL).....	52
FIGURA 12. RECUPERAÇÃO DO CAPITAL PARA AS DIFERENTES CLAS SES DE OPERADORES (SITUAÇÃO FAVORÁVEL).....	53

## LISTA DE QUADROS

	Pag.
QUADRO 1. TEMPOS MÉDIOS DE POSICIONAMENTOS.....	22
QUADRO 2. TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS DO ELEMENTO 5.....	26
QUADRO 3. TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTO OBTIDOS NA CRO- NOMETRAGEM E NO SISTEMA MTM (EM MINUTOS).....	27
QUADRO 4. NÚMERO DE POSICIONAMENTOS OBTIDOS PELAS DIFE- RENTES CLASSES DE OPERADORES.....	42
QUADRO 5. TEMPOS MÉDIOS UNITÁRIOS DOS POSICIONAMENTOS OBTIDOS PELAS DIFERENTES CLASSES DE OPERADORES (EM SEGUNDOS).....	43
QUADRO 6. VALORES DE $K_{ij}^{\ell}$ .....	44



## R E S U M O

O aumento da produtividade e da qualidade é, sem dúvida, uma das preocupações com que se deparam os pesquisadores que de sempenham suas atividades em setores industriais. No caso espe cífico de operações com máquinas - ferramentas, o problema tor na-se ainda mais crítico devido a elevada frequência com que es tas operações são realizadas e a carência de mão-de-obra especia lizada em nosso parque fabril.

Uma das possibilidades para se tentar aumentar a produtivida de nestas situações é através da incorporação a estas máquinas de um "Read Out". Trata-se de um mostrador digital, que substi tui com grande vantagem os processos de leitura nas escalas das máquinas, do tipo convencional. O mostrador digital não contro la a operação da máquina, apenas aperfeiçoa o processo de posi cionamento, oferecendo maior precisão para as medidas e permitin do realizá-lo mais rapidamente.

Este trabalho propõe-se a apresentar um estudo da viabili dade técnica e econômica do uso do "Read Out" em uma mandrila dora - fresadora.

A pesquisa compreende um detalhado estudo de tempos e a precisão alcançada com e sem o referido equipamento, consideran do diferentes níveis de experiência dos operadores. Para o estu do econômico foram considerados como variáveis principais a redu

ção do tempo total do processo, o custo do "Read Out" e qua  
lidade.

Como conclusão é apresentado um estudo de sensibilidade que define as variáveis críticas e suas possíveis repercussões no estudo.

## A B S T R A C T

The increase in productivity and quality is without doubt one of the most important research topics in industrial engineering. In the case of machine-tools, the problem is specially important because of the number of operations and the cost of skilled labour.

One method of increasing productivity is for machine tool operators to use a Digital Read-Out instead of relying on scales to position work-pieces. The "Read-Out" does not control the machine tool, it gives more accuracy to position setting and also speeds up the process.

This dissertation is a feasibility study of the economic and technical viability of the use of a Digital "Read-Out" for a horizontal Boring and Milling Machine. The research includes a detailed time study in which the accuracy of the work is measured both with and without the "Read-Out" using a sample of operators with varying levels of experience. The economic viability of the use of the "Read-Out" is calculated using data about the total operation time, the capital cost of the equipment and the accuracy of the work done. A sensitivity analysis is also carried out for critical variables.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1. Abordagem do Problema

A necessidade de aumentar a produtividade de máquinas ferramentas é amplamente aceita e a operação, na maioria dos tipos de máquinas ferramentas, tem sido automatizada de algumas formas.

Na fabricação em grandes séries obtém-se pleno sucesso através de máquinas especiais automáticas, copiadoras ou linhas contínuas de produção. Com esta automatização melhora-se também a qualidade, especialmente porque evita a influência do operador no processo.

Na fabricação de peças avulsas ou pequenas quantidades, equipamentos de controle numérico tem sido aplicados a uma grande variedade de máquinas ferramentas aumentando consideravelmente a produção. Por outro lado este tipo de equipamento apresenta desvantagens tais como um alto custo e um elevado Know-how, sendo para as pequenas empresas uma alternativa quase utópica.

Uma possibilidade para se aumentar a produtividade e a qualidade, com um pequeno investimento, é através da incorporação a estas máquinas de um "Read Out" ou "Digital Display". Trata-se de um mostrador digital que substitue, com grande vantagem, os processos de leitura nas escalas das máquinas do tipo convencional.

Em uma investigação do ciclo total de manufatura de uma peça, encontra-se dois períodos principais em que a máquina permanece inativa:

- a) O tempo de montagem, ajustes, mediações,
- b) O tempo de posicionamento que precede a usinagem. Quanto maior for a complexidade da peça, mais se evidenciará o tempo destinado a posicionamentos. Reduzindo esses tempos, obtém-se uma vantajosa média de aumento da produção da máquina. O "Read Out" não controla a operação da máquina, apenas aperfeiçoa o processo de posicionamento, reduzindo assim o tempo total de fabricação.

## 1.2. Descrição do "Read Out"

O "Read Out" é formado por duas partes principais. A primeira é o indicador de posição digital (Figura 1), constituído de circuito integrado tipo CMOS envolvido num gabinete de aço, com uma capacidade de leitura de  $\pm 999,99\text{mm}$  e uma resolução de  $0,01\text{mm}$ . Ligado a este por um cabo, está um transdutor de medida linear (Figura 2), tipo "INDUCTOSYN SPAR" possuindo uma escala e um "slider" acoplados indutivamente, com precisão de  $7\mu\text{m}$ . Este sistema apresenta, além da facilidade de leitura da posição, as seguintes principais vantagens:

- a possibilidade de ser facilmente instalado na maioria das máquinas operatrizes,
- a facilidade de transferir para o visor qualquer dimensão do desenho ou mesmo zerar, bastando para isso inserir a dimensão escolhida através das chaves pré-seletoras,

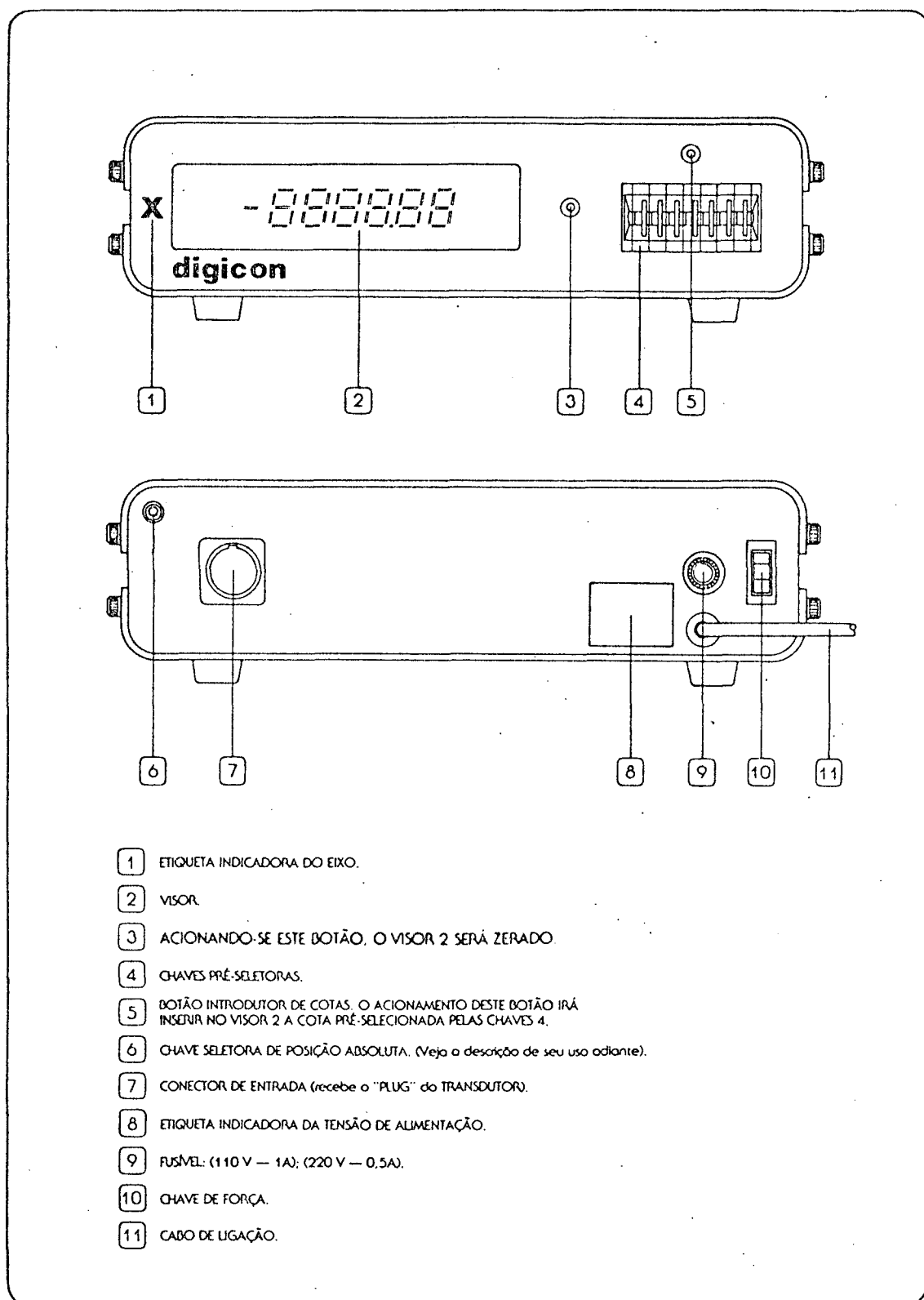


Figura 1. - Vistas Frontal e Lateral de um "Read Out"

- a capacidade de voltar a uma determinada posição original, após uma interrupção de energia, sem que seja necessário o uso de qualquer outro instrumento.

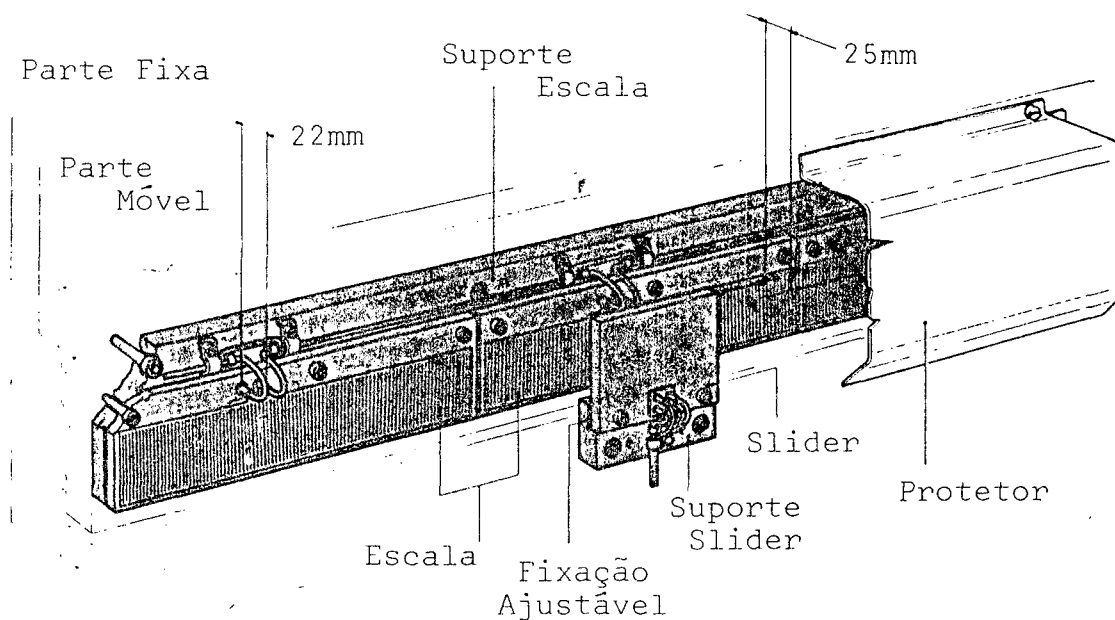


Figura 2. - Esquema da Montagem da Escala e Slider

### 1.3. Objetivo do Estudo

O objetivo do presente trabalho é avaliar o mérito técnico e econômico de um "Read Out", instalado em uma mandriladora fresadora horizontal (Figura 3).

Essa máquina escolhida é normalmente utilizada para a produção de peças avulsas ou de pequenas quantidades, especialmente peças complexas que apresentam um custo elevado e exigem

alta qualificação do operador.

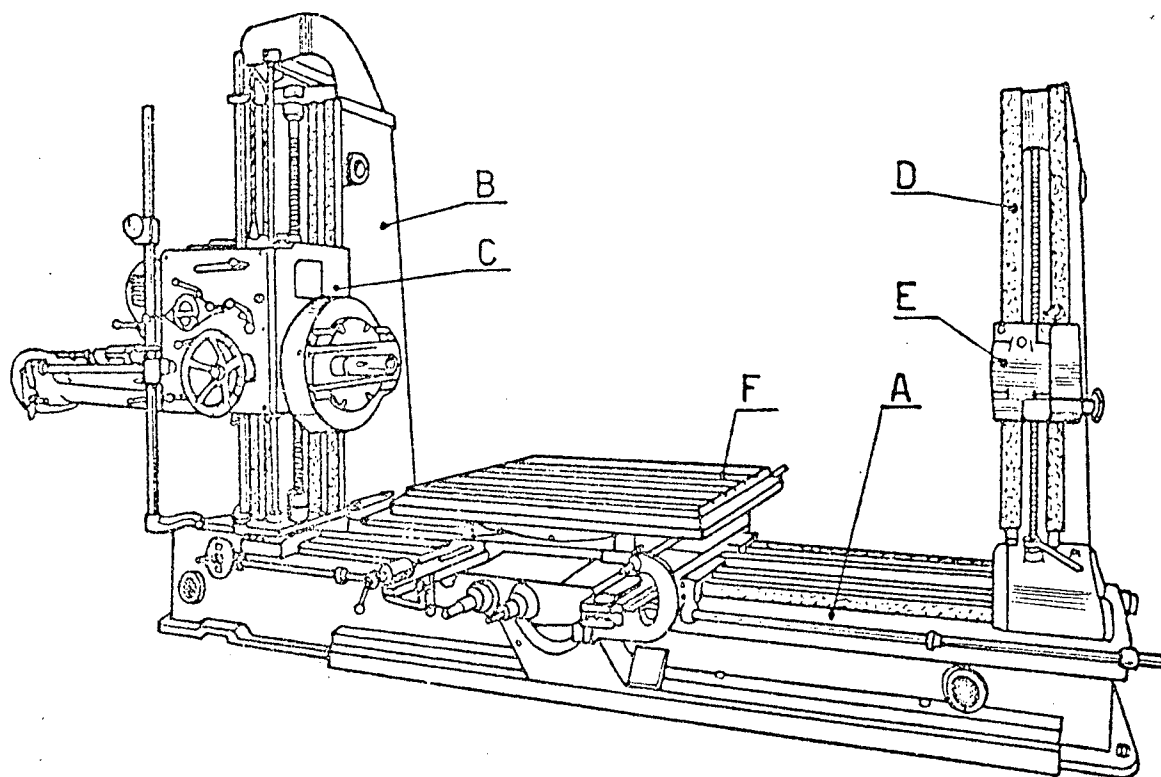


Figura 3. - Mandriladora Fresadora

A, embasamento; B, montante para o cabeçote; C, cabeçote porta-mandril; D, montante a luneta; E, luneta; F, carro.

#### 1.4. Metodologia

Esta pesquisa se fundamenta em um detalhado estudo comparativo entre os processos convencional e o "Read Out". O processo convencional consiste no posicionamento da ferramenta através das escalas da própria máquina. E no processo "Read Out" esse posicionamento é obtido utilizando-se um mostrador digital.

Para a comparação entre o processo convencional de posicio



namento e o processo usando o "Read Out", inicialmente foi determinada uma peça padrão que serviu de base para a avaliação dos processos.

A seguir, foram selecionados oito operadores com diferentes níveis de experiência. Desde um simples aprendiz com poucas semanas de experiência até operadores com vários anos de ofício.

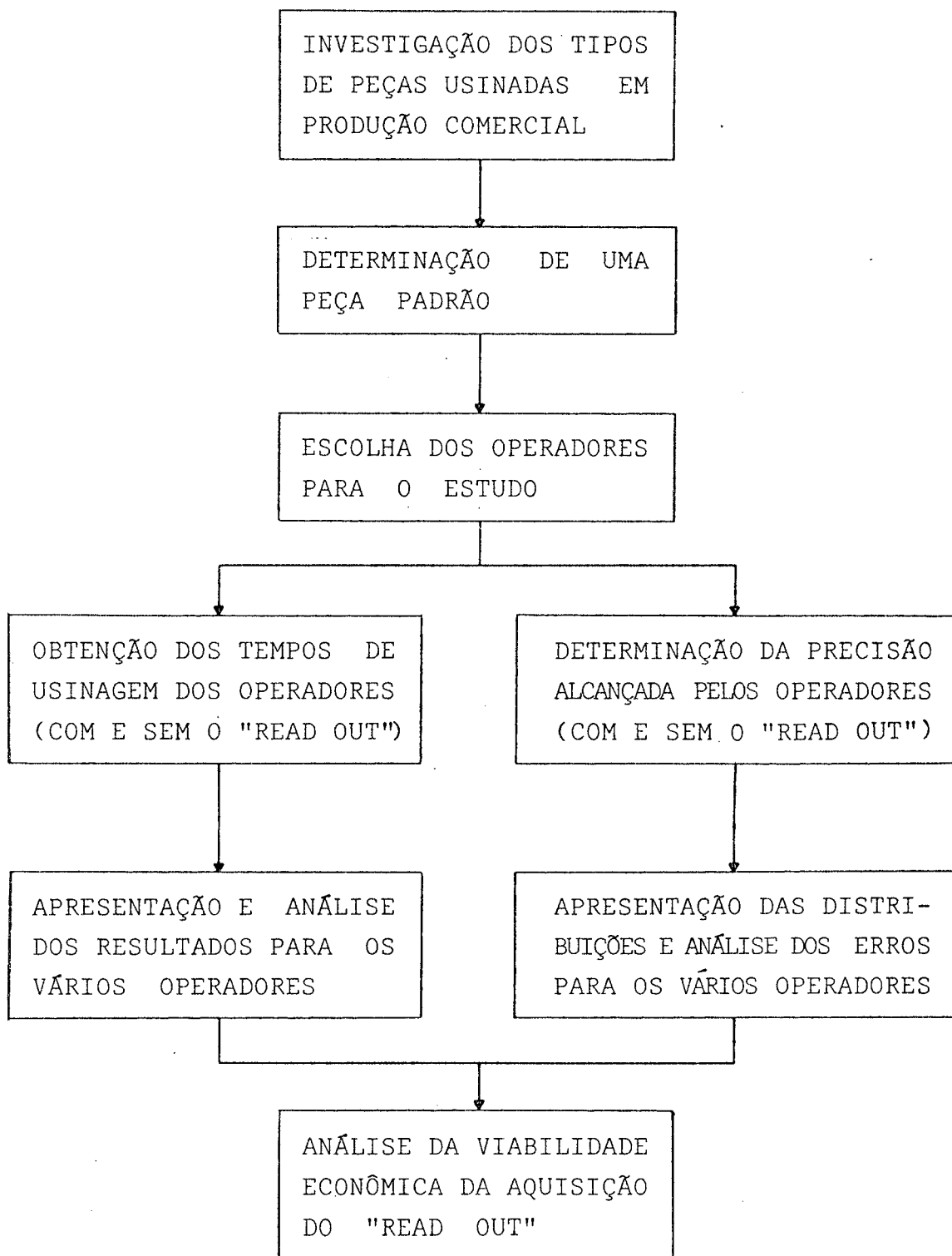
Cada operador produziu dez peças. Duas peças para treinamento e conhecimento das fases do ciclo, pois a operação foi dividida em elementos numa ordem a ser obedecida. E das oito peças restantes, quatro foram usinadas pelo processo convencional e quatro usando o "Read Out".

Os tempos de posicionamento dessas peças, pelos processos acima mencionados, foram tomados utilizando cronometragem contínua e tempos pré-determinados. Sendo feito uma análise detalhada dos resultados.

Posteriormente, fez-se uma investigação da precisão obtida nos dois processos, empregando para as medições um microscópio de ferramentaria com precisão de leitura de cinco micrometros.

Por último, foi feito uma análise econômica apresentando os períodos de recuperação do investimento.

### 1.5. Fluxograma da Metodologia



## CAPÍTULO II

### 2. ANÁLISE DOS TEMPOS

#### 2.1. Obtenção dos Tempos

Através de um estudo de tempos, determinou-se os tempos de usinagem de uma peça padrão em uma mandriladora-fresadora, pelo método convencional e, posteriormente, pelo método do "Read Out" de posicionamentos. Esses tempos foram obtidos através de cronometragem direta, método contínuo, empregando-se um cronômetro CASIO CQ-1 COMPUTERIZED QUARTZ com precisão de leitura de um décimo de segundo e após, foi feito um estudo de tempos pré-determinados utilizando o sistema "METHODS TIME MEASUREMENT" - MTM.

Este estudo posterior não visa simplesmente determinar os tempos diferenciais entre o processo convencional e o "Read Out", mas também a quantidade de movimentos dispendidos em cada um.

Nas etapas que se seguem será descrito, em detalhes, o procedimento utilizado para a obtenção e análise desses tempos.

#### 2.2. Determinação da Peça Padrão

Foi requisitado em várias empresas de Porto Alegre-RS e em Joinville-SC, um total de trinta desenhos de peças de produção co

mercial, usinadas em mandriladoras-fresadoras, para que se tivesse uma idéia das peças produzidas nesta máquina.

Estes desenhos foram minuciosamente estudados verificando-se o tipo de peça, as dimensões, as tolerâncias, o tempo total de operação e as várias operações de usinagem.

Trata-se de uma mandriladora-fresadora onde é possível efetuar vários tipos de operações de usinagem além de mandrilamento, podendo-se executar faceamentos, fresagens, rosqueamentos, segundo eixos ortogonais ou diametralmente opostos. As empresas onde foram requisitados os desenhos, pertenciam a diversos setores da indústria metal-mecânica. Então, segundo os critérios anteriormente mencionados, a gama de variação desses desenhos foi muito grande. Dessa forma não se pode obter uma pequena amostra de peças ou peça padrão que representasse a população em estudo.

Por outro lado, as peças que exigiam maior complexidade eram constituídas de um conjunto de simples posicionamentos e 70% das operações de usinagem eram de abrir furos e fresar. As tolerâncias indicadas nos desenhos estavam em 80% na faixa de  $\pm 0,05\text{mm}$  a  $\pm 0,15\text{mm}$  e as tolerâncias menores que este intervalo eram obtidas em outras máquinas operatrizes ou utilizando dispositivos apropriados. Relativo aos tempos totais de operação, estes variavam desde alguns minutos até dias inteiros de usinagem.

Achou-se conveniente determinar uma peça que servisse como padrão para o estudo e possuisse as seguintes características:

- a) simplicidade, mas com representatividade de peças frequentemente usinadas,
- b) baixo custo,
- c) pequeno tempo total de fabricação,
- d) envolvesse um pequeno número de ferramentas,
- e) não possuísse um longo tempo de usinagem.

As razões que levaram a isto foram:

- a simplicidade para não tornar o estudo muito longo e complexo,
- tivesse um baixo custo para não onerar o trabalho,
- envolvesse poucas trocas de ferramentas e um pequeno tempo de usinagem, pois são períodos indiferentes a ambos os processos,
- possuísse um número razoavelmente grande de posicionamentos, porque estes tempos são os que realmente interferem nos processos.

A peça proposta na Figura 4 foi a que melhor se adaptou com as características acima mencionadas. Apresenta apenas duas operações de usinagem que são fresar e abrir furos, estes foram os tipos de usinagem que ocorreram com maior frequência nos desenhos requisitados. Os furos equidistantes de 20,00mm e os furos posicionados com distâncias variadas de uma das faces laterais, serviram para uma comparação de tempos de posicionamentos e precisão alcançada pelo processo convencional e pelo processo utilizando o "Read Out".

Observou-se nos testes preliminares que pelo método conven

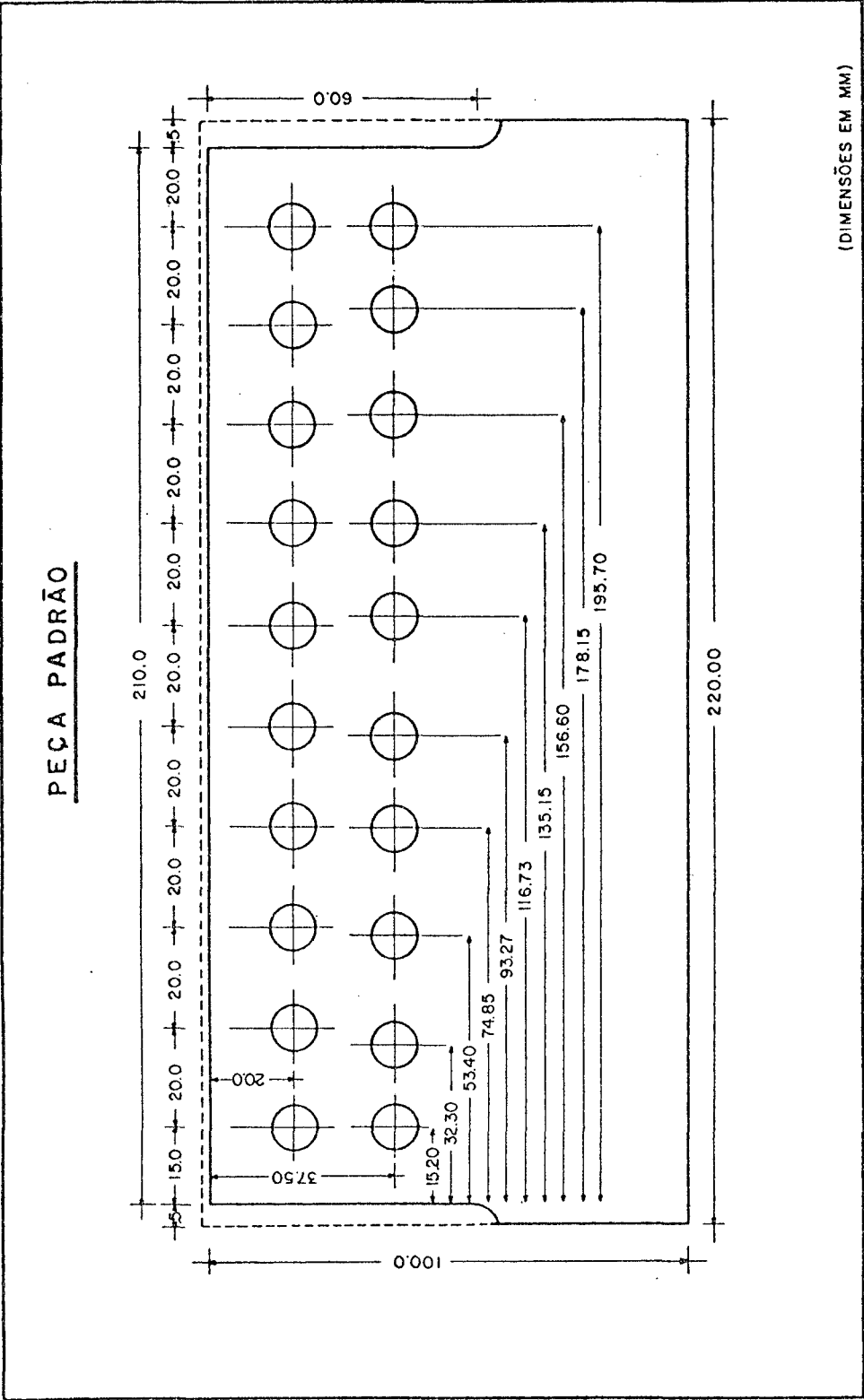


Figura 4. - Peça Padrão Adotada para o Estudo

cional, os posicionamentos de cotas de dimensões inteiras eram conseguidos muito mais rapidamente do que posicionamentos de dimensões fracionadas. Como por exemplo, um mesmo operador pelo método convencional, ao posicionar uma cota de 20,00mm obteve um tempo médio de 25 segundos e ao posicionar uma cota de 19,65mm gastou um tempo médio de 34 segundos. Tal diferença é explicada pelo fato do operador ter que contar as menores subdivisões da escala, e ainda ter a preocupação em manter a folga acumulada na direção do deslocamento, não sendo possível recuar apenas o excedente mas várias voltas afim de acumular novamente a folga, e tentar novo posicionamento, levando assim um maior tempo para posicionar.

Esta observação isolada parece sem importância, mas quando foi utilizado o "Read Out", os tempos obtidos não apresentaram diferenças significativas, sendo o tempo gasto para se posicionar uma determinada dimensão praticamente independente, se esta, era inteira ou fracionada, por que além de não precisar contar as subdivisões na escala, não há a preocupação com a folga acumulada e a de contar o número de voltas. Como este trabalho tem por objetivo uma análise comparativa dos processos e não de cada um isoladamente, este aspecto é de real importância como será visto posteriormente.

### 2.3. Escolha dos Operadores

Os operadores convidados a participar do presente trabalho pertenciam ao Laboratório de Máquinas Operatrizes da Universidade Federal de Santa Catarina. Foram selecionados oito operado

res com diferentes níveis de experiência em máquinas-ferramentas. Esta diversificação de experiência foi desde operadores com poucas semanas de treinamento até operadores com cursos em escolas especializadas e anos de ofício.

Listaremos os diferentes níveis de experiência escolhidos, (conforme descrito no Anexo 4) para identificação ulterior:

- a) 18 anos
- b) 12 anos
- c) 6 anos
- d) 2 anos
- e) 2 meses
- f) 1 ano
- g) 4 meses
- h) 6 semanas

#### 2.4. Divisão da Operação em Elementos

No ciclo total de fabricação de uma peça são encontrados cinco períodos distintos e de grande importância, que são:

- a) tempo destinado às tolerâncias,
- b) tempo de preparação das máquinas,
- c) tempo de usinagem
- d) tempo de medição
- e) tempo de posicionamento

As tolerâncias para as interrupções do trabalho podem ser classificadas segundo BARNES [2:420] em (1) tolerância para a



fadiga, (2) tolerância de espera, (3) tolerância pessoal.

Tolerância para a fadiga - como os operadores analisados trabalhavam oito horas diárias com períodos de descanso organizados de uma hora e como não se trata de um trabalho considerado pesado, os efeitos devidos a fadiga podem ser satisfatoriamente desprezados.

Tolerância de espera - as esperas podem ser subdivididas em inevitáveis e evitáveis. As esperas feitas intencionalmente pelo operador, tais como quebra de ferramentas, falta no suprimento de energia, quebra no sistema de refrigeração, interrupções pelos supervisores e colegas de serviço, etc..., são consideradas inevitáveis e não foram cronometradas, para não haver alteração no tempo total do ciclo. Não sendo registrado nenhuma espera evitável durante o estudo.

Tolerâncias pessoais - são tempos destinados ao operário para suas necessidades pessoais. Como no caso anterior, e pela mesma razão, foi interrompida a contagem do tempo.

Com relação aos demais períodos, o único que é influnciado pelo método "Read Out" são os tempos de posicionamento. Sendo estes separados dos tempos de usinagem, conforme a divisão de detalhada em elementos do ciclo total de operação da peça padrão, mostrada no Anexo 1.

As medições da peça durante a usinagem não foram executadas,

pois eram as mesmas nos dois processos. Devido à confiança no posicionamento através do "Read Out" algumas vezes não é necessário fazê-las; então para não alterar o procedimento foi omitido esta medição.

Para a operação de fresar, a rotação da fresa foi de 250 rpm. com um avanço da peça de 0,40mm/s e a profundidade de corte estabelecida em 1mm. Para abrir os furos a rotação passou a ser de 1500 rpm com um avanço de 2 mm/s. Todas estas variáveis foram mantidas constantes durante todo o estudo.

## 2.5. Cronometragem

Para melhor utilização das folhas de observações na tomada dos tempos, os operadores foram instruídos a seguirem uma ordem cronológica de posicionamentos pré-determinada. Para isso foi necessário que cada operador usinasse duas peças antes de iniciar a cronometragem, para familiarizar-se com o procedimento e, também, para que os tempos não decrescessem com a repetição das usinagens. O que foi conseguido satisfatoriamente, bastando observar no Anexo 2, (descrito no item 2.6.), os tempos e a ordem em que foram cronometrados.

O método de cronometragem escolhido foi o contínuo. Pois quando comparado com o método repetitivo, apresenta a vantagem de não modificar o tempo total da operação. Os tempos anotados nessas foram em horas decimais, para facilidade de cálculos.

O cronômetro utilizado foi do tipo digital, apresentando o

"LAP KEY" que permite a leitura do tempo com os dígitos paralizados, enquanto permanece a contagem do tempo. Aumentando assim a precisão da cronometragem e diminuindo consideravelmente os erros de leitura.

## 2.6. Apresentação dos Resultados

Numa investigação na usinagem da peça padrão, pode-se subdividir os tempos de posicionamentos em três diferentes tipos. O primeiro destinado a fresagem das faces laterais e superior, que consiste em encostar a fresa na peça e posicionar a profundidade de corte. O segundo compreende os posicionamentos para abrir furos distanciados de 20 milímetros, e o terceiro, os posicionamentos de distâncias variadas entre o centro do furo e a face lateral em até centésimos de milímetros

Esta classificação se fez necessária porque o grau de dificuldade varia para cada um desses períodos de posicionamentos, sendo de interesse estudá-los separadamente.

Desta forma, os tempos de posicionamento foram divididos nos seguintes grupos:

- tempos de posicionamento de dimensões inteiras,
- tempos de posicionamento de dimensões fracionadas,
- tempos de posicionamento para fresagem.

Os resultados desses tempos estão sumarizados no Anexo 2, onde encontram-se os tempos para cada operador nas oito peças usi

nadas, sendo quatro pelo método convencional e quatro utilizando o "Read Out". Apresentam-se também a média dos tempos de cada um dos métodos e a variação percentual da economia de tempos.

## 2.7. Análise dos Resultados

Para melhor visualizar e facilitar a análise dos resultados apresentados no Anexo 2, construiu-se gráficos que apresentam na abcissa os tempos pelo processo convencional e na ordenada os tempos obtidos utilizando o "Read Out", ambos em minutos. Seguindo-se as linhas diagonais encontra-se a economia conseguida com cada operador.

A Figura 5 mostra os resultados dos tempos de posicionamentos, onde se verifica como característica principal um crescente aumento na economia de tempos com o descrêscimo do nível de experiência do operador. Ficando o operador com um maior nível de experiência na faixa de 18%, enquanto os de pouca experiência apresentaram economias de até 37%.

Os tempos de posicionamento de dimensões inteiras são mostrados na Figura 6. Como este tipo de posicionamento não apresenta muita dificuldade pelo processo convencional, as economias foram bastante reduzidas, excetuando-se o operador com maior nível de experiência (a) que apresentou ganhos equivalente ao operador com poucas semanas de experiência (h). Os demais apresentaram ganhos relativamente baixos, na faixa de 3% a 13% de economia.

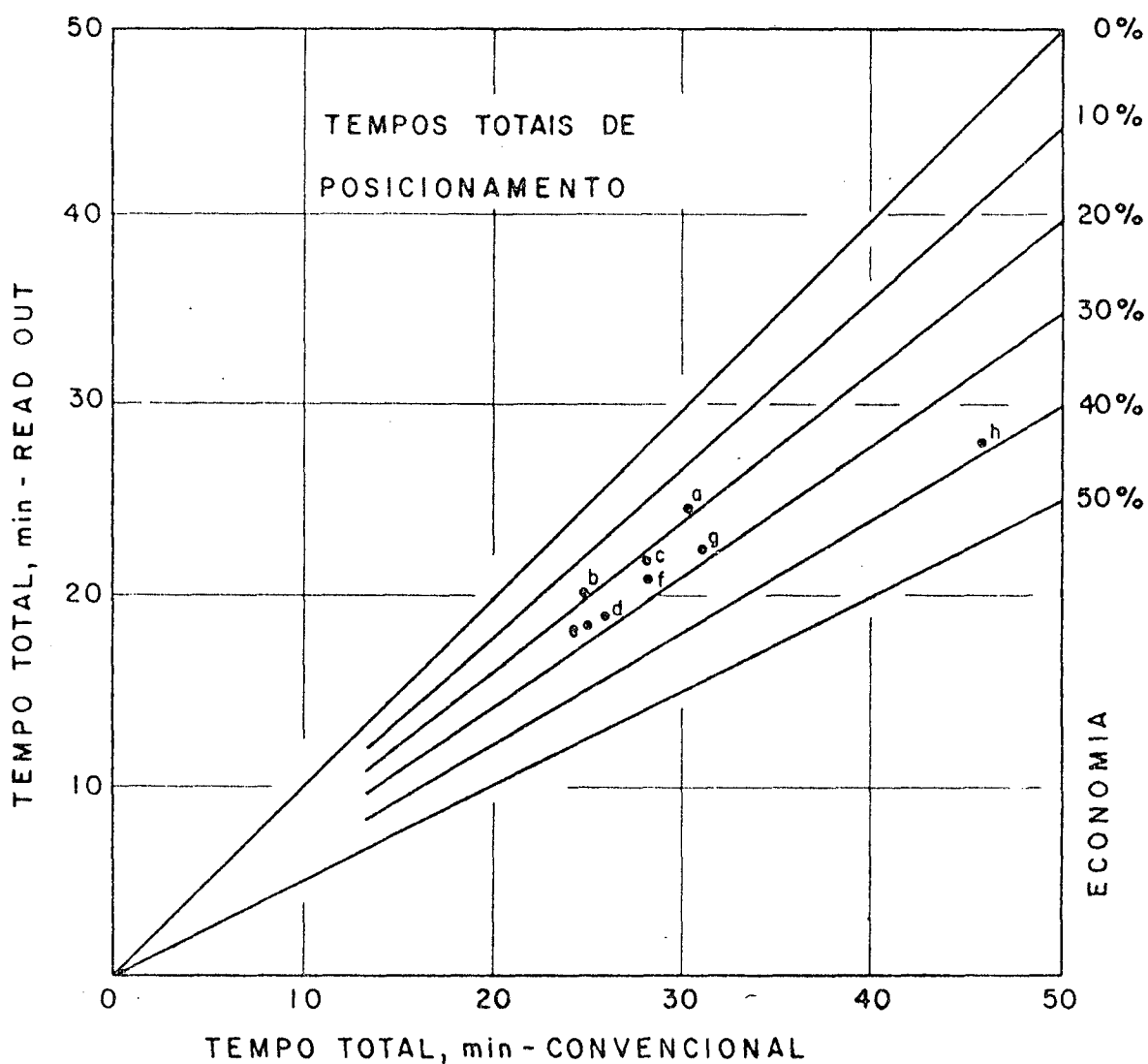


Figura 5. - Tempos Totais de Posicionamento

Acontecendo o inverso para os tempos de posicionamento de dimensões fracionadas (Figura 7), onde observou-se uma maior economia.

Utilizando-se o "Read Out" os tempos eram praticamente constantes para posicionamento de cotas inteiras ou fracionadas.

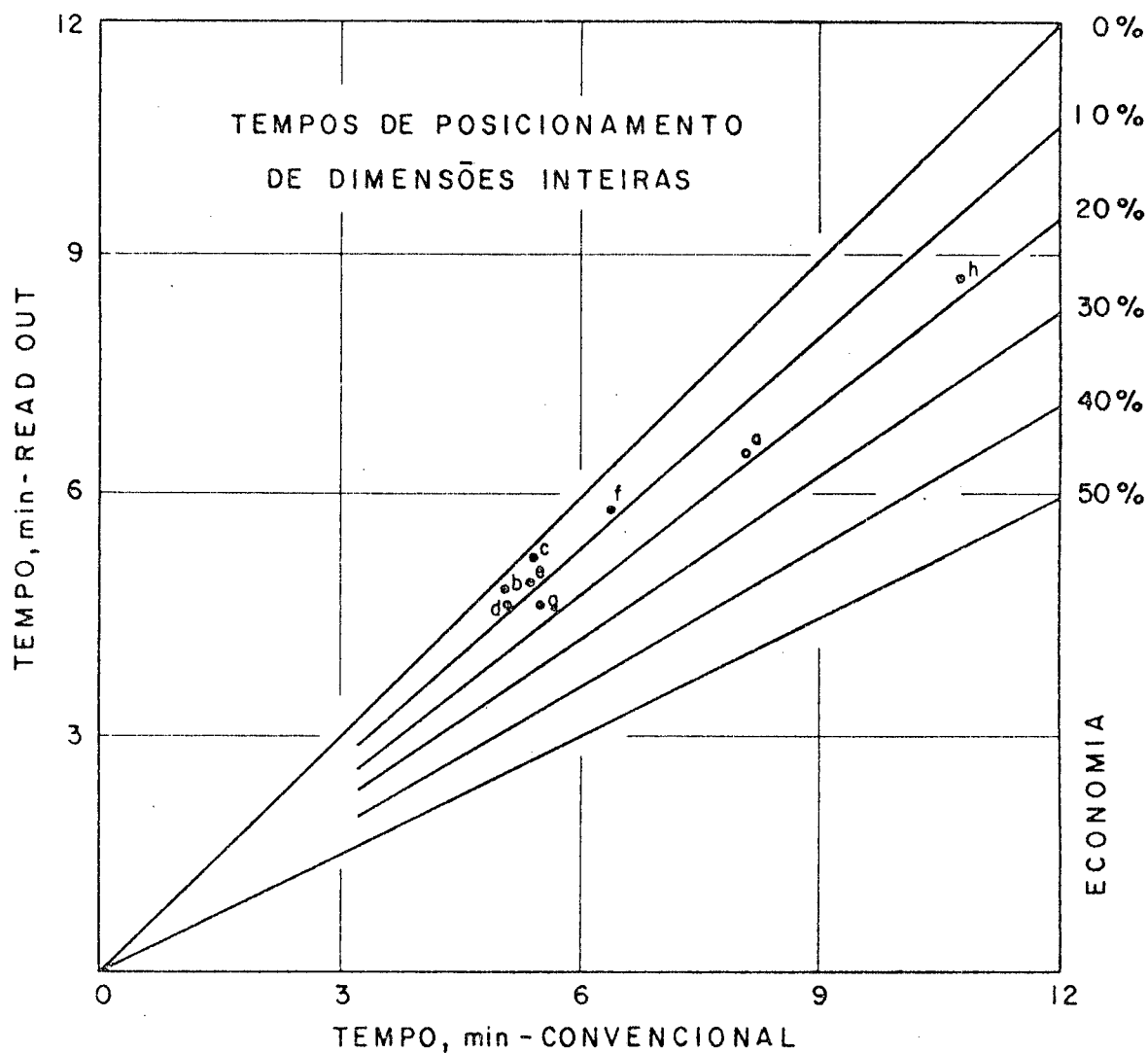


Figura 6. - Tempos de Posicionamento de Dimensões Inteiras

O mesmo não acontecendo com o processo convencional; que devido a maior dificuldade em posicionar centésimos de milímetros na escala da máquina, essas economias chegaram a ultrapassar os 50%. Então conclui-se que quanto menores forem as tolerâncias de uma peça maiores economias serão proporcionadas pelo "Read Out".

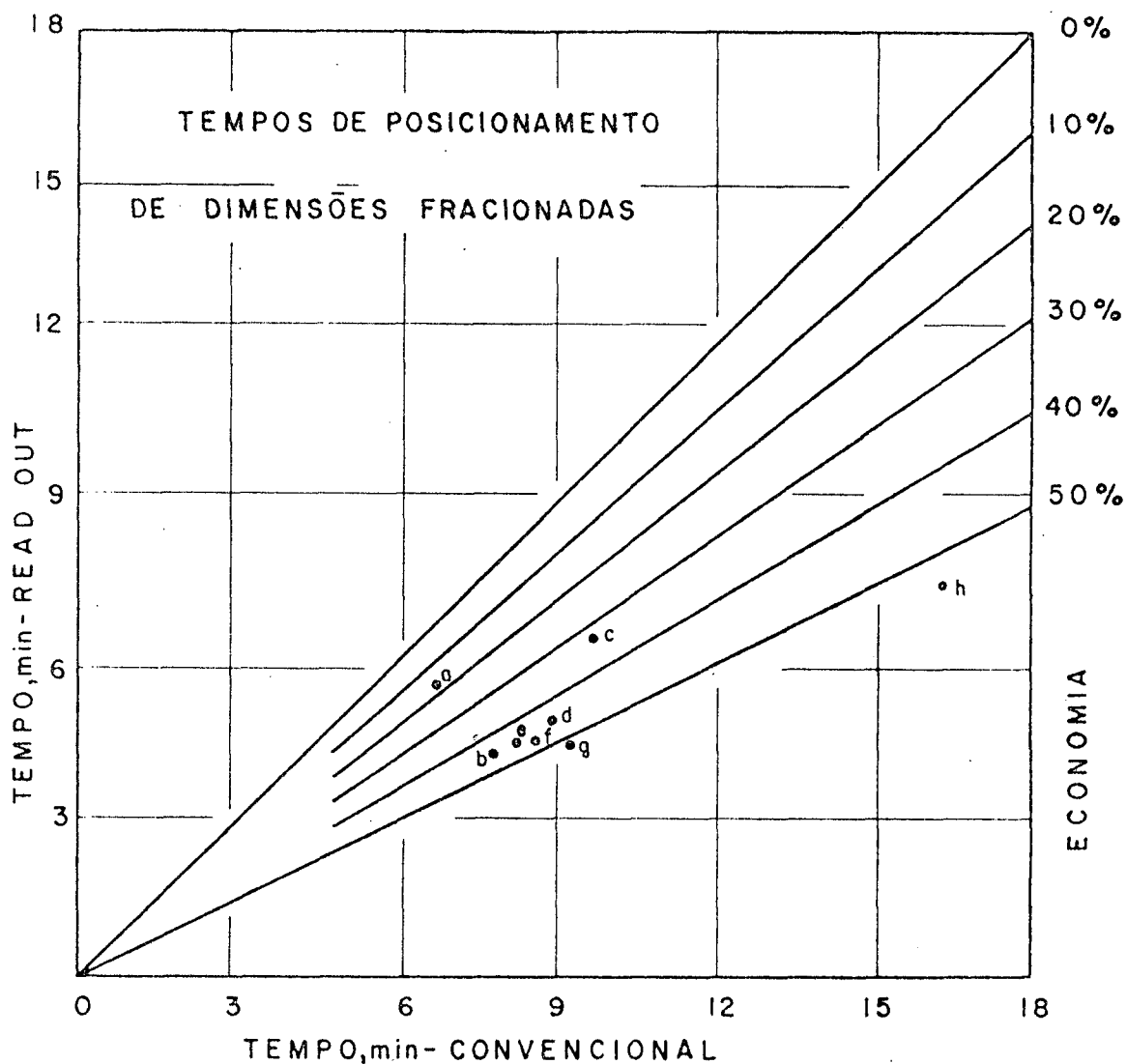


Figura 7. - Tempos de Posicionamento de Dimensões Fracionadas

Os tempos de posicionamento para a fresagem (Figura 8) apresentaram economias bastante significativas. Sendo a causa principal dessas economias o tempo em que o operador estava ocupado zerando o colar graduado para posicionar a

a profundidade de corte. Ao passo que usando o "Read Out" isto era perfeitamente dispensado.

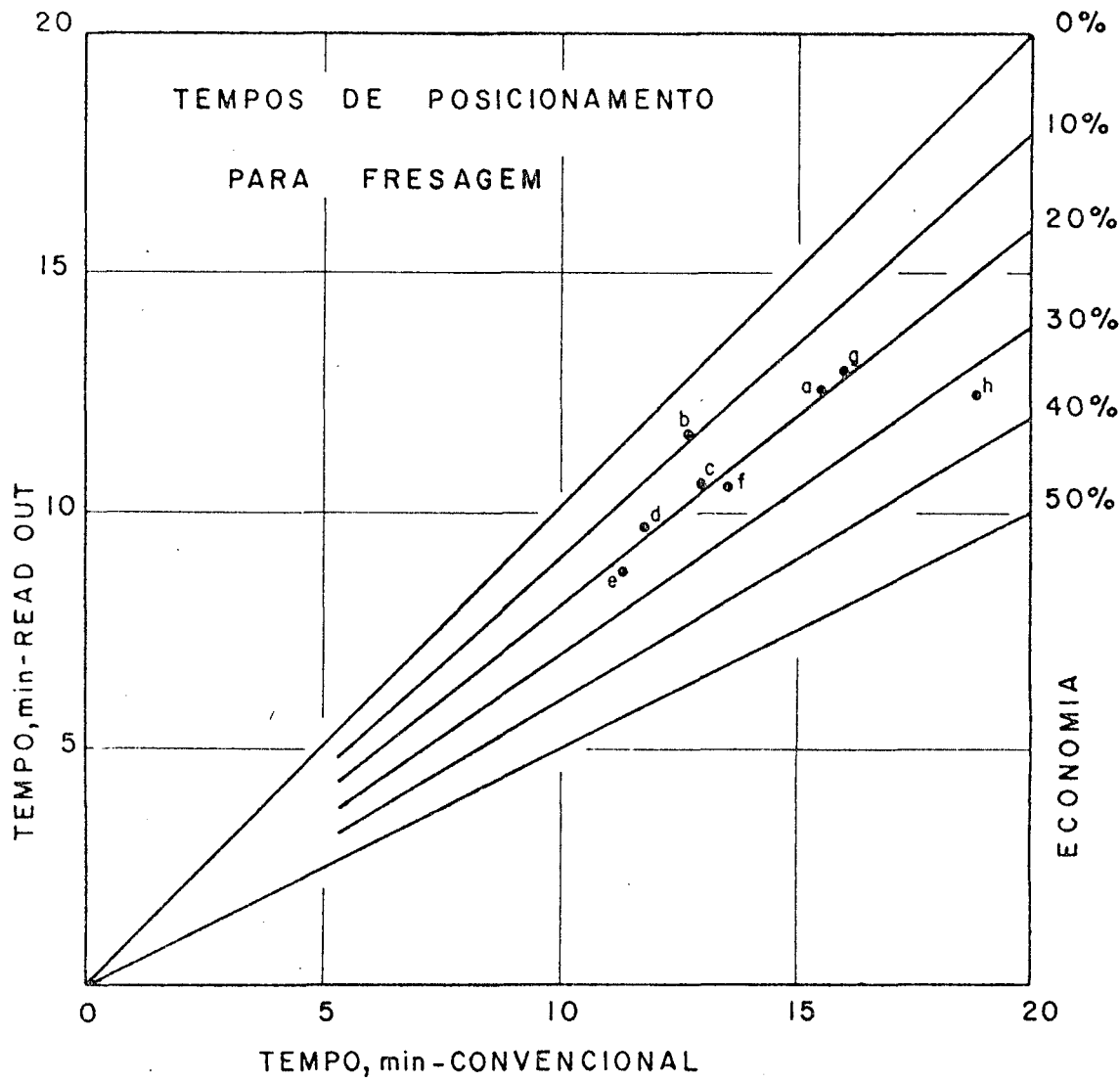


Figura 8. - Tempos de Posicionamento para Fresagem



2.8. Análise da Variância

O objetivo da análise da variância em nosso estudo é verificar se os tempos médios obtidos pelos operadores utilizando o método convencional é significativamente superior aos obtidos usando o "Read Out" e também se a habilidade dos operadores influência nos resultados.

O Quadro 1 apresenta os resultados dos tempos médios, em horas decimais, obtidos pelos oito operadores com diversos níveis de experiência, utilizando os dois processos de posicionamento. Estes tempos médios foram obtidos do Anexo 2.

Nível de Experiência	M É T O D O	
	Convencional	Read-Out
a. 18 anos	0,5047	0,4123
b. 12 anos	0,4270	0,3419
c. 6 anos	0,4707	0,3713
d. 2 anos	0,4323	0,3188
e. 2 meses	0,4147	0,3034
f. 1 ano	0,4759	0,3499
g. 4 meses	0,5143	0,3719
h. 6 semanas	0,7685	0,4777

Quadro 1. - Tempos Médios de Posicionamentos

Seguindo o procedimento utilizado por Hoel [8; 301] com base nos dados experimentais, calculamos dois valores da distribuição F que são:

$F_1 = 32,00$  com  $\zeta = 1, \zeta = 7$  - obtido pela observação dos tempos pelos dois métodos.

$F_2 = 6,32$  com  $\zeta = 7, \zeta = 7$  - obtido através da observação dos tempos entre operadores.

A um nível de 5% de significância, desejamos testar as seguintes hipóteses:

$H_{01}$ : o tempo médio obtido pelo método convencional é igual ao obtido utilizando-se o "READ OUT".

$H_{02}$ : os tempos médios obtidos pelos diferentes operadores são iguais entre si.

Devemos então fazer comparações entre os valores observados da F, com os valores teóricos dessa distribuição, que são denominados de F críticos, dados por:

$$F_{\text{crítico}_1} = F_{1; 7; 0,05} = 5,59$$

$$F_{\text{crítico}_2} = F_{7; 7; 0,05} = 3,79$$

Onde chegamos as seguintes conclusões:

a) como  $F_1 > F_{\text{crítico}_1}$ , rejeito a hipótese  $H_{01}$ .

b) como  $F_2 > F_{\text{crítico}_2}$ , rejeito a hipótese  $H_{02}$ .

Dessa forma podemos afirmar, com um nível de 5% de significância, que há variação entre os tempos médios obtidos em cada um dos processos e que a habilidade de cada operador está influenciando nos resultados obtidos em cada método.

## 2.9. Tempos Pré-Determinados

Os tempos pré-determinados são valores de tempos normais tabelados para completar movimentos básicos. As tabelas são o resultado de milhares de estudos individuais de tempos e movimentos necessários para sintetizar qualquer tarefa.

O objetivo e a maior vantagem dos tempos sintéticos em relação à cronometragem, é que eles tornam possível a pré-determinação do tempo padrão de uma tarefa ou atividade, desde que sejam conhecidas as características dos movimentos. Pode-se determinar, com antecedência, o tempo necessário à execução de uma operação simplesmente examinando-se um esquema do local de trabalho e uma descrição do método a ser empregado.

Existe um grande número de sistemas de tempos pré-determinados, sendo o mais utilizado o "METHODS TIME MEASUREMENT" (desenvolvido por H. B. MAYNARD) - MTM, porque as instruções gerais para usá-lo receberam maior publicidade. Por este motivo é que este método foi escolhido para aplicação no presente trabalho.

O objetivo de sua aplicação é para se obter as economias de tempos dos processos analisados, através de tempos sintéticos, e compará-los com os resultados obtidos na cronometragem.

A unidade de medida de tempo é o TMU (TIME MEASUREMENT UNIT) esta unidade corresponde ao centésimo milionésimo de hora (0,00001 de hora) e foi escolhida para medir tempos, de movimentos bastante reduzidos, sendo uma unidade Padrão do Sistema MTM. Por este sistema utilizar movimentos básicos como alcançar, colher, mover, etc..., ficaria muito extensa a apresentação dos resultados, então resolveu-se agrupá-los em maiores elementos.

O Anexo 3 apresenta os resultados desse estudo, os valores foram retirados de tabelas contidas no KRICK [9; 565]. O Quadro 2 mostra como foram obtidos os resultados para o quinto elemento pelos dois processos.

O tempo total obtido para os métodos convencional e "Read Out" são os valores em TMU, de 47304,3 e 33493,6 o que daria em minutos 28,38 e 20,10, respectivamente. Observando-se uma economia de 29,2%. A interpretação desse resultado seria aquele obtido por um operador treinado, trabalhando em um ritmo considerado como normal.

Nº	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	CÓDIGO	TEMPO      TMU	
			CONV.	READ OUT
5	Olhar o manípulo	TO	10,0	10,0
	Alcançar o manípulo	RBOA	18,2	18,2
	Colher o manípulo	G 1 A	2,0	2,0
	Posicionar o manípulo	P2SSE	19,7	19,7
	Aplicar pressão (montar)	AP 2	10,6	10,6
	Aplicar presão (girar)	AP 1	16,2	16,2
	Olhar colar graduado	TO	10,0	-
	Girar o manípulo	T 180	14,8	14,8
	Olhar colar graduado	TO	10,0	-
	Soltar o manípulo	RL 1	2,0	2,0
	T O T A L		113,5	93,5

Quadro 2. - Tempos Pré-Determinados do Elemento 5

Fazendo-se uma comparação de tempos obtidos pelo sistema Pré-determinado (MTM), com os resultados encontrados na cronometragem (Quadro 3) pode-se observar que pelos dois métodos os operadores b, c, d, e obtiveram ritmos iguais ou maiores do considerado como normal.

OPERADORES MÉTODOS	a	b	c	d	e	f	g	h	MTM
CONVENCIONAL	30	25	28	25	24	28	30	46	28
READ OUT	24	20	22	19	18	20	22	28	20

Quadro 3. - Tempos Totais de Posicionamentos Obtidos na Cronometragem e no Sistema MTM (em minutos)

Este resultado pode ser analisado através de dois aspectos diferentes. Sendo o primeiro aquele em que esses operadores realmente possuem ritmos acima do considerado como normal, o que seria perfeitamente aceito.

O outro aspecto poderia ser explicado pelo fato dos operadores estarem sendo observados e cronometrados; isto causaria, psicologicamente, uma situação competitiva fazendo-os trabalhar mais depressa, apesar de terem sido instruídos do objetivo deste trabalho.

## CAPÍTULO III

## 3. ANÁLISE DA PRECISÃO

## 3.1. Obtenção das Medidas

Concluída a cronometragem as peças foram levadas ao laboratório de Metrologia da Universidade Federal de Santa Catarina, onde foram medidas para avaliar a precisão dos processos. Utilizou-se um Microscópio de Ferramentaria ou Metroscópio, de precisão de leitura de 5 micrometros.

Determinou-se as dimensões de cada uma das peças e a partir daí foram calculados os afastamentos em relação as medidas indicadas no desenho da peça padrão, execução feita a seu comprimento onde efetuou-se o corte, esta medida variou alguns milímetros de sua dimensão inicial que deveria ser de 224mm. Para não alterar o procedimento, que constava de dois posicionamentos da fresa em cada lado da peça (profundidade de corte 1mm) afim de deixa-la com 220mm que é a dimensão indicada no desenho, decidiu-se desconsiderar esta medida.

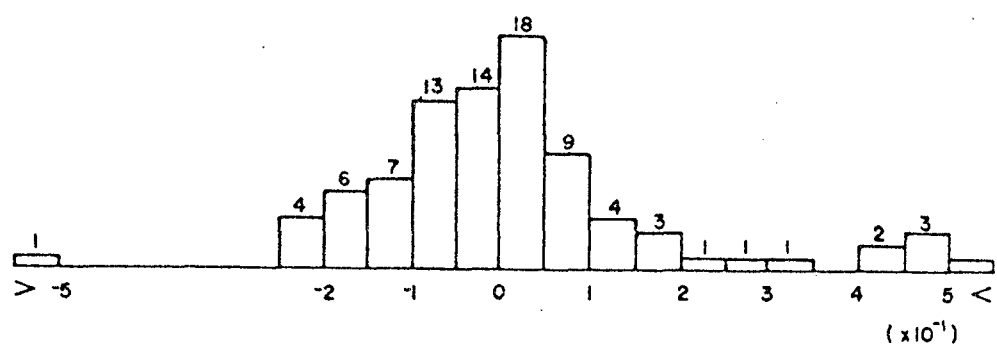
## 3.2. Apresentação dos Resultados

Calculados os afastamentos das 22 medidas de cada peça, obteve-se 88 afastamentos por operador e por método utilizado, já que cada operador usinou 4 peças em cada método. Com estes resulta

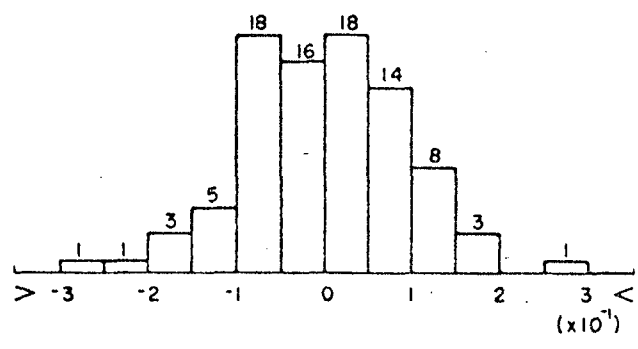
dos construiu-se histogramas com intervalos de classe de 0,05mm, para observar a distribuição dos erros nos dois métodos de posicionamento.

3.2.1. Distribuição dos Erros por Operador (em mm)

a) 18 anos



- Método Convencional

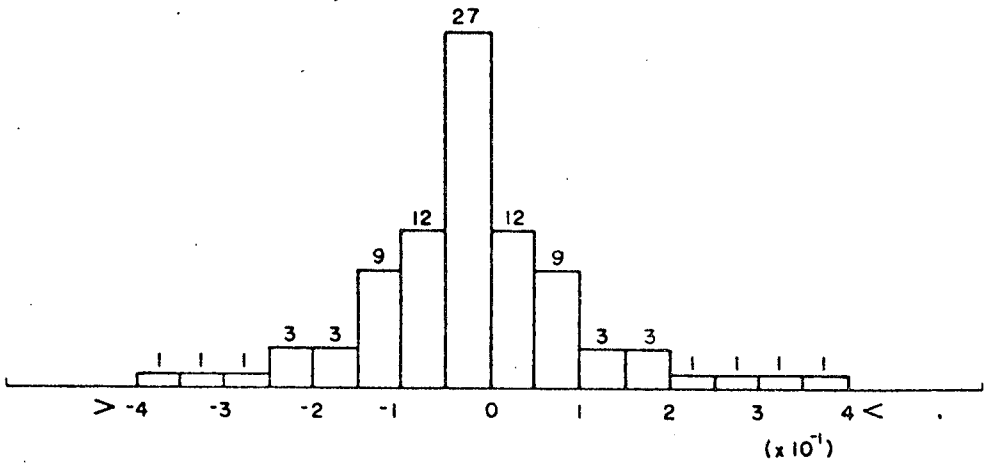


- Método "Read Out"

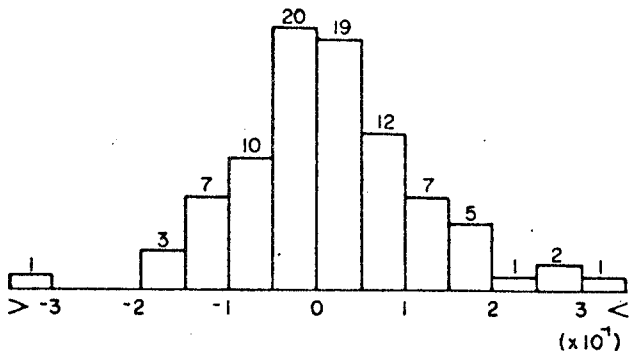
OBSERVAÇÃO: Foi convencionado a utilização dos simbolos (> e <) para representar quaisquer frequência de erros maiores ou menores que a última medida indicada na escala do gráfico.



b) 12 anos

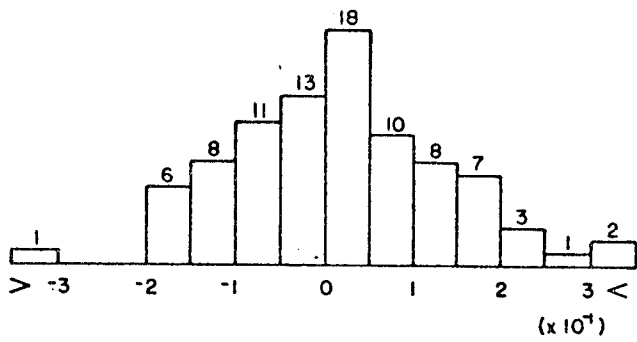


- Método Convencional

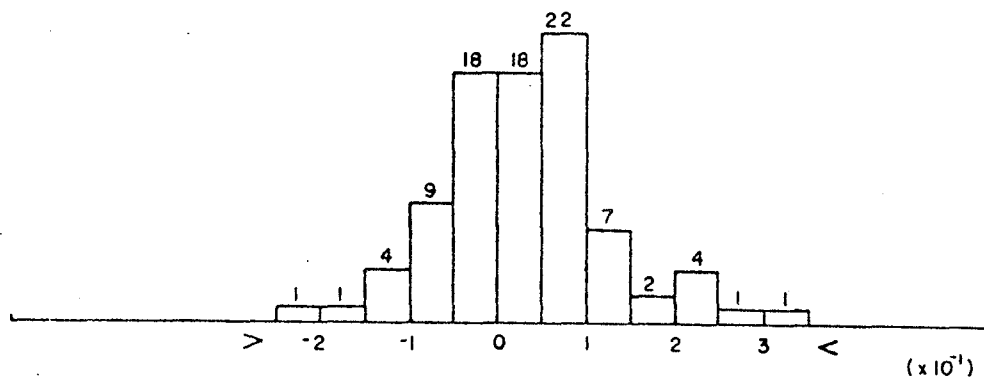


- Método "Read Out"

c) 6 anos

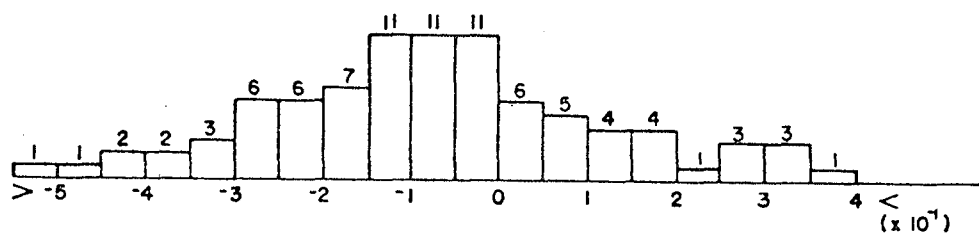


- Método Convencional

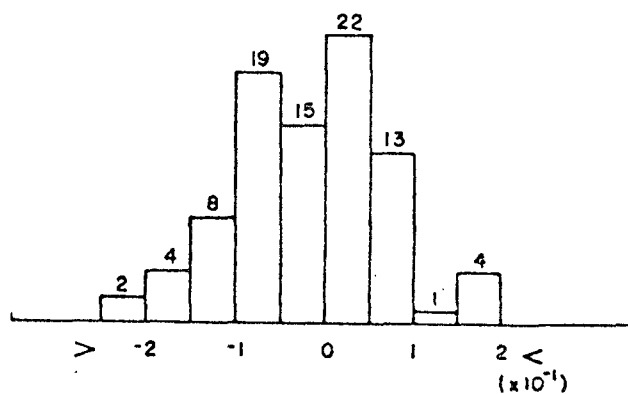


- Método "Read Out"

d) 2 anos

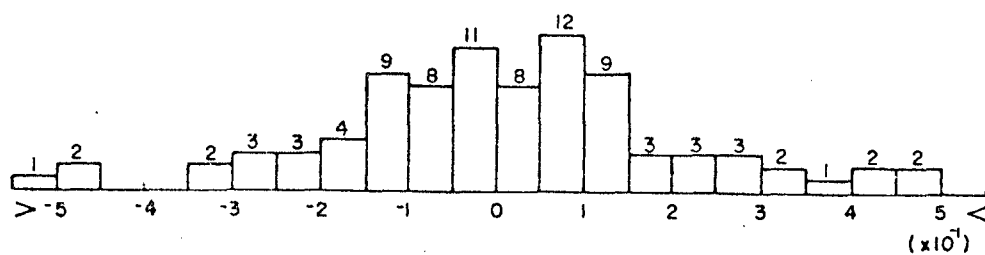


- Método Convencional

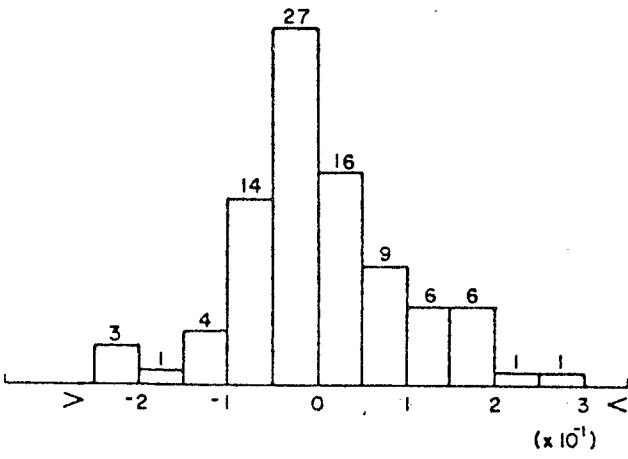


- Método "Read Out"

e) 2 meses

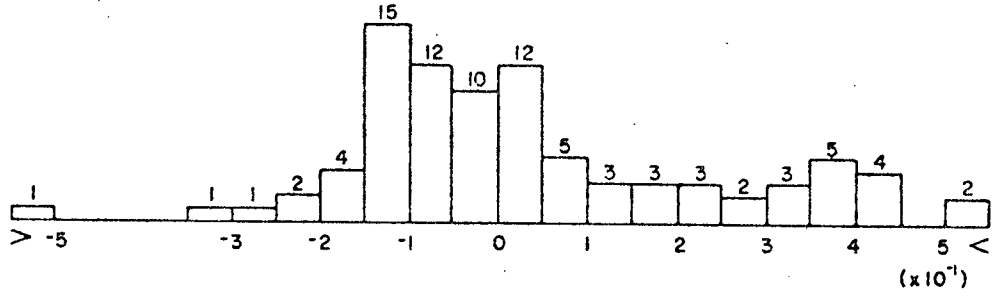


- Método Convencional

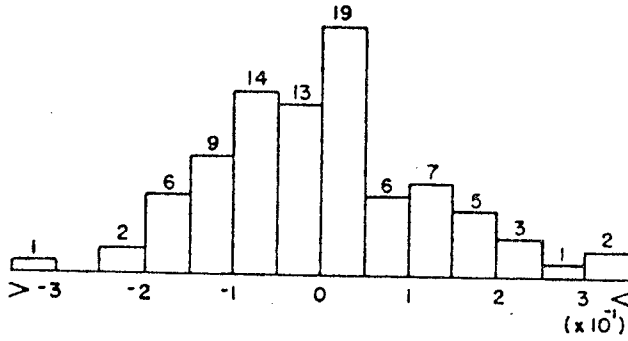


- Método "Read Out"

f) 1 ano

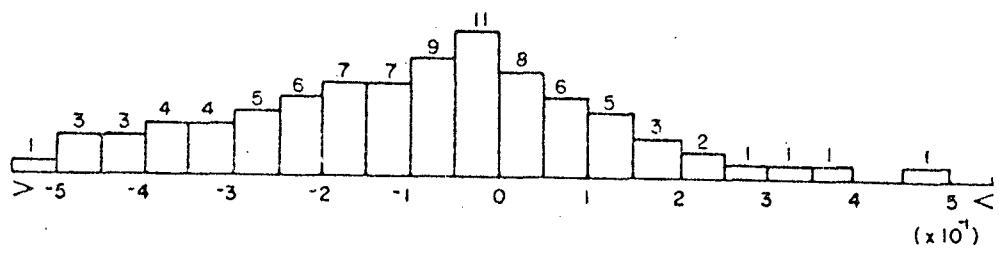


- Método Convencional

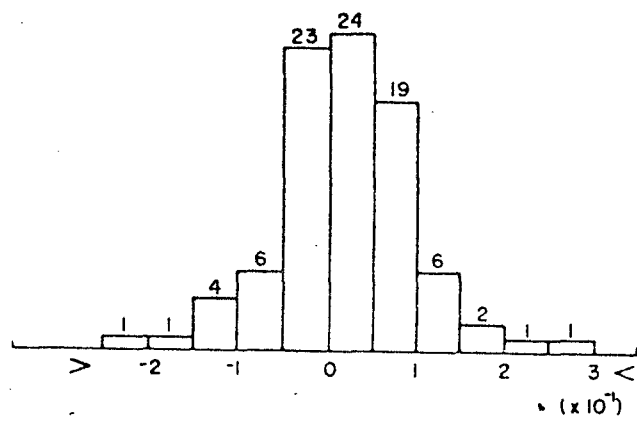


- Método "Read Out"

g) 4 meses

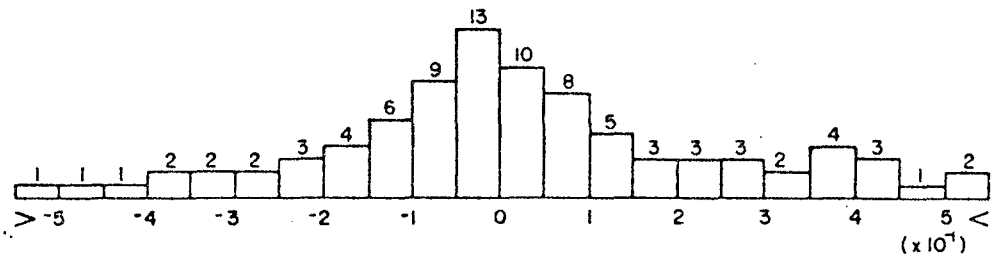


- Método Convencional

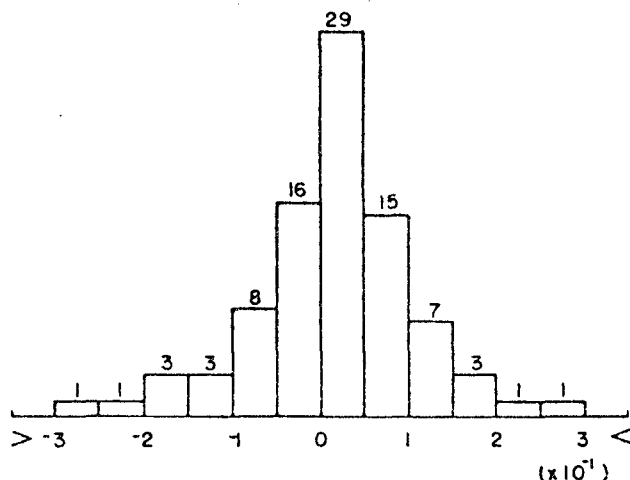


- Método "Read Out"

h) 6 semanas



- Método Convencional



- Método "Read Out"

Como se pode notar em todos os pares de distribuições observa-se uma nítida concentração dos valores (menor dispersão) quando passa-se a utilizar o "Read Out". Analogamente como ocorreu na análise dos tempos, as dispersões tornam-se mais evidentes a medida que o nível de experiência do operador diminui. Uma outra observação importante é o fato de que os operadores menos experientes utilizando o "Read Out" alcançaram padrões de qualidade as vezes até superiores aqueles obtidos por operadores mais experientes utilizando o método convencional.

### 3.3. Erros do Processo

Durante o estudo não foi especificado nenhuma tolerância para que se pudesse analisar as precisões dos processos, mas instruiu-se os operadores de que deveriam obter a maior precisão

possível.

Entretanto, independente dos erros da própria mandriladora-fresadora, foram determinados mais dois tipos de erros:

- a) Erros gerados pela incerteza do microscópio de ferramenta, que são determinados pelo próprio fabricante por meio das seguintes expressões, em micrometros:

Na Coordenada X:

$$\pm (2,5 + k + 0,025 I_x + 0,00027 I_x \cdot h)$$

Na Coordenada Y:

$$\pm (2,5 + K + 0,05 I_y + 0,0004 I_y \cdot h)$$

Onde:

$K = 4$ , para espessuras da peça padrão maiores que 3mm.

$I_x = I_y$ , comprimento e largura máximos.

$h$ , espessura da peça.

Estas expressões deram como resultados para comprimentos médios, da peça padrão erros de aproximadamente  $\pm 0,01\text{mm}$ .

- b) Os maiores erros foram os devido a flexão da broca, agravados ainda mais pelo fato de as peças não terem sido puncionadas, Isto não foi feito porque iria indicar ao operador a posição

correta do furo, prejudicando assim o processo de posicionamento. Também houveram erros devido a afiação da broca, que por ter sido manual, não permitiu a obtenção de ângulos perfeitos, e pelo próprio material da peça não ser totalmente homogêneo, provocando um deslocamento da broca para fora do centro determinado pelo posicionamento.

Para determinar estes erros foram feitos cinquenta furos, tanto no sentido longitudinal como no transversal, mantendo-se constante um dos deslocamentos e medindo-se a partir daí o alinhamento desses furos. Foram encontrados afastamentos médios de  $\pm 0,09$  milímetros.

Devidos a esses erros encontrados e os acrescidos pela própria mandriladora-fresadora, convencionou-se para análises posteriores, que aqueles compreendidos no intervalo de  $\pm 0,1\text{mm}$  fossem considerados como posicionamentos precisos. Da mesma forma para os erros nos intervalos de  $\pm 0,2\text{mm}$  e  $\pm 0,3\text{mm}$  serão ditos erros médios e grosseiros, respectivamente.

### 3.4. Precisão das Peças Usinadas

As distribuições apresentadas no item 3.2.1. dão uma visão geral da precisão alcançada pelos diferentes operadores, mas não uma idéia explícita quanto ao tipo de posicionamento. Para melhor visualizar esses tipos de erros foi necessário separar os posicionamentos em dimensões inteiras e fracionadas, semelhante ao que foi feito na análise dos tempos. As Figuras 9 e 10

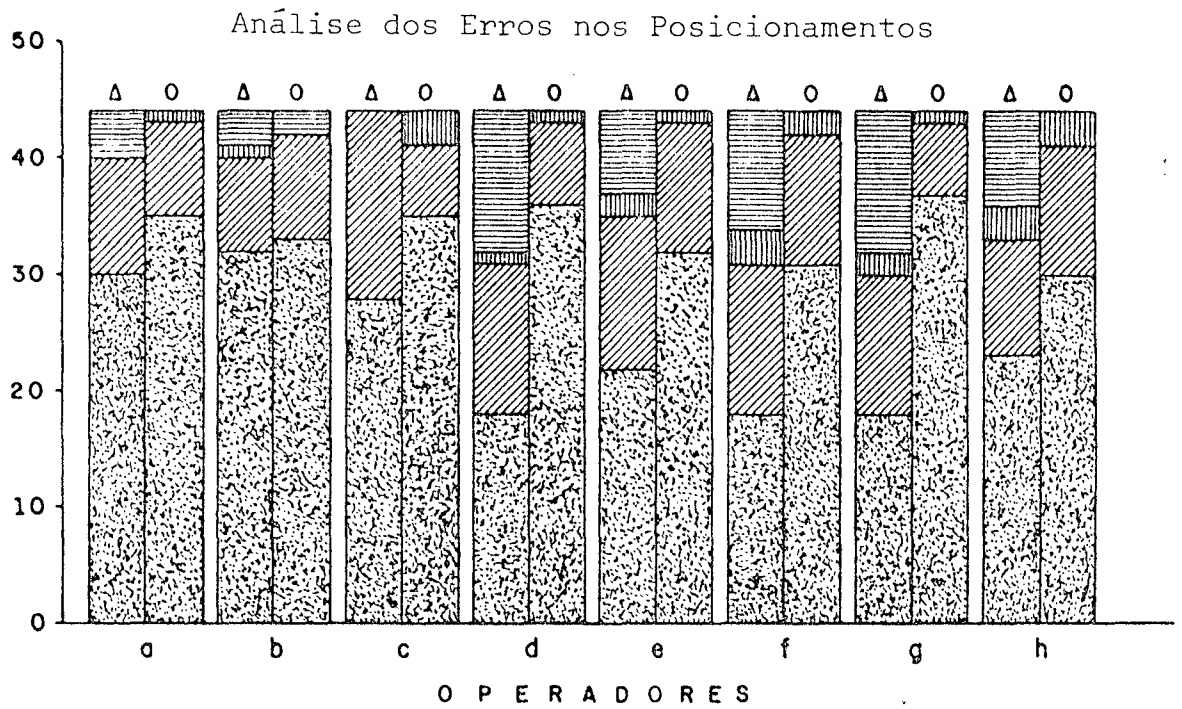


Figura 9. - Número de Posicionamento de Dimensões Inteiras

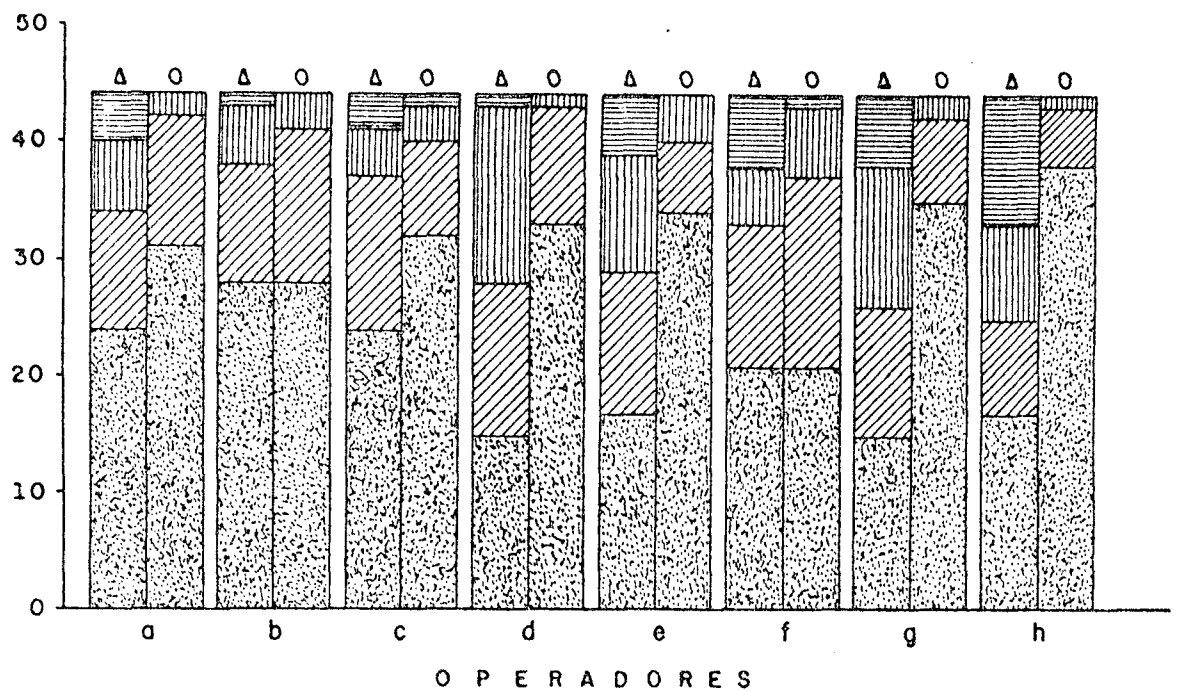


Figura 10. - Número de Posicionamento de Dimensões Fracionadas

LEGENDA



PRECISO



MÉDIO



GROSSEIRO



ERROS DE LEITURA



METODO CONVENCIONAL



METODO "READ OUT"



apresentam o número de posicionamentos conseguidos pelos diferentes operadores para cada grau de precisão e os erros de leituras cometidos. Exemplificando esses erros de leitura para o caso de uma dimensão real de 37mm, o operador poderia ler 27mm, quando utilizava o "Read Out", ou errava a contagem do número de voltas do manípulo para esta dimensão quando operava pelo método convencional. Estes erros foram na ordem de 13% para o método convencional e apenas de 0,5% quando utilizou-se o "Read Out".

Analisando-se os posicionamentos precisos nota-se que as vantagens obtidas pelo método "Read Out" são bem maiores a medida que o nível de experiência do operador decresce.

Outro aspecto a ser ressaltado, é que a qualidade praticamente independe do nível de experiência, quando os operadores usinam as peças utilizando o "Read Out".

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISE ECONÔMICA

#### 4.1. Introdução

Este capítulo propõe-se primeiramente a mensurar financeiramente os resultados encontrados na análise técnica desenvolvida nos capítulos anteriores. Quando foi utilizado o "Read Out" verificou-se que a economia dos tempos obtidos e a melhoria da qualidade foram bastante significativas, agora estes fatores serão quantificados através de uma expressão geral da economia que relaciona estas duas variáveis.

A seguir serão calculados os períodos de recuperação do investimento destinado a aquisição do "Read Out" para diferentes custos operacionais, sendo feito ainda uma análise dos fatores que mais afetam esses períodos de recuperação.

#### 4.2. Definição das Variáveis

Para a determinação da expressão geral que relaciona as economias de tempos com as precisões alcançadas, torna-se conveniente definir as seguintes variáveis:

i - Variável  $A_i$

No Capítulo 3 (item 3.4) os tipos de posicionamento foram

divididos em dois grupos:

- a) posicionamento envolvendo dimensões inteiras,
- b) posicionamento envolvendo dimensões fracionadas, tal di  
visão foi necessária devido aos diferentes resultados encon  
contrados em cada um dos posicionamentos. Sendo portano  
to necessário saber a quantidade de dimensões inteiras ou  
fracionadas encontrada em um determinado desenho de uma  
peça. Será definido por  $A_i$  a razão entre o número encontr  
trado em cada um dos tipos de posicionamento e o número  
total de posicionamentos.

#### ii-Variável $B_i$

Como foi explicado no Capítulo 2 (item 2.4), o único per  
ríodo do ciclo total de fabricação de uma peça em que o "Read  
Out" exerce influência é o período de posicionamentos. Reduzindo  
do-se à metade do tempo este período não se reduz na mesma propo  
porção o tempo total do ciclo, logo para calcular o quanto ficou  
reduzido o tempo total deve-se saber o percentual do tempo de posi  
cionamento. Em vista disso, definiu-se a variável  $B_i$  como sendo  
do a razão entre o tempo de cada um dos tipos de posicionamento  
e o tempo total do ciclo.

#### iii-Variável $C_{ij}$

Nos desenhos analisados para a determinação da peça para  
drão foram encontradas várias tolerâncias, as quais foram agrupa  
padas nos seguintes graus de precisão:

- a) preciso,
- b) médio,

c) grosseiro.

Onde cada um desses níveis de precisão requer um grau de dificuldade e um tempo diferente, devendo-se portanto definir outra variável que indique a quantidade de cada um desses posicionamentos. Seja  $C_{ij}$  a razão entre o número de um tipo de posicionamento com um determinado grau de precisão e o número total do mesmo tipo de posicionamento, onde o índice  $i$  referencia o tipo de posicionamento e o  $j$  o grau de precisão.

iv - Variável  $K_{ij}^{\ell}$

A partir dos resultados da análise técnica desenvolvida nos Capítulos 2 e 3 determinou-se os coeficientes  $K_{ij}^{\ell}$  da variável  $c_{ij}$ , que relacionam as economias de tempos obtidas por um determinado tipo de posicionamento com a precisão alcançada por este posicionamento, conforme a sequência descrita a seguir.

Primeiramente os operadores foram divididos em três classes:

Classe A - operadores com experiência superior a dez anos,

Classe B - operadores com experiência de dois a dez anos,

Classe C - operadores com experiência inferior a dois anos,

devido a semelhança dos resultados encontrados.

Considerando-se os dois métodos desenvolveu-se o Quadro 4, que apresenta o número total de posicionamentos conseguidos pelos operadores de cada uma das classes, para ambos os tipos de posicionamento com diferentes graus de precisão. Mostrando ainda a razão entre esses números.

Tipo de Posicionamento	Grau de Precisão	Classe A Op (a, b)			Classe B Op (c, d)			Classe C Op (e, f, g, h)		
		CONV	RO	RO/CONV	CONV	RO	RO/CONV	CONV	RO	RO/CONV
Envolvendo Dimensões Inteiras	Preciso	62	68	1,10	46	71	1,54	82	130	1,59
	Médio	80	85	1,06	75	84	1,12	129	169	1,31
	Grosseiro	81	86	1,06	76	88	1,16	139	174	1,25
Envolvendo Dimensões Fracionadas	Preciso	52	59	1,13	39	65	1,67	70	128	1,83
	Médio	72	83	1,15	65	83	1,28	113	162	1,43
	Grosseiro	83	88	1,06	84	87	1,04	148	175	1,18

Quadro 4. Número de posicionamentos obtidos pelas diferentes classes de operadores.

Tipo de Posicionamento	Grau de Precisão	Classe A				Classe B				Classe C			
		Op (a, b)				Op (c, d)				Op (e, f, g, h)			
		CONV	RO	%		CONV	RO	%		CONV	RO	%	
Envolvendo Dimensões Inteiras	Preciso	35	31	11,4		30	27	10,0		44	33	25,0	
	Médio	42	30	28,6		29	25	13,8		39	33	15,4	
	Grosseiro	34	31	8,8		28	24	14,3		36	34	5,6	
Envolvendo Dimensões Fracionadas	Preciso	41	26	36,6		58	31	46,6		60	29	51,7	
	Médio	39	30	23,1		48	31	35,4		62	31	50,0	
	Grosseiro	37	25	32,4		50	34	32,0		57	30	47,4	

Quadro 5. Tempos médios unitários dos posicionamentos obtidos pelas diferentes classes de operadores (em segundos).

Semelhantemente é apresentado no Quadro 5 os tempos médios unitários, em segundos, dispendidos para cada um desses posicionamentos e as respectivas variações percentuais dadas por  $\frac{T_{conv} - T_{ro}}{T_{ro}}$ .

$T_{conv}$

O Quadro 6 apresenta as economias  $K_{ij}^{\ell}$  obtidas, onde o índice  $i$  referencia o tipo de posicionamento,  $j$  o grau de precisão e o expoente  $\ell$  a classe de experiência a que pertence o operador a ser analisado (para  $\ell = A, B, C$ ). Este quadro foi obtido pelo produto, da razão do número de posicionamentos (Quadro 4) e a variação percentual dos tempos (Quadro 5).

Analisando-se o Quadro 6 pode-se ver detalhadamente as economias obtidas para cada tipo de posicionamento e cada grau de precisão considerando as três classes de operadores.

Tipo de Posicionamento	Grau de Precisão	Classe A op. (a.b)	Classe B op. (c.d)	Classe C op. (e,f,g,h)
		Economia %	Economia %	Economia %
Envolvendo Dimensões Inteiras	Preciso	12,54	15,40	39,75
	Médio	30,32	15,46	20,17
	Grosseiro	9,33	16,59	7,00
Envolvendo Dimensões Fracionadas	Preciso	41,36	77,82	94,61
	Médio	26,57	45,31	71,50
	Grosseiro	34,34	33,28	55,93

Quadro 6 - Valores de  $K_{ij}^{\ell}$

#### 4.3. Expressão Geral da Economia de Tempos

O produto das variáveis  $A_i$  e  $B_i$  indica o quanto do tempo total destinado a posicionamentos é afetado por cada um dos tipos de posicionamento (dimensões inteiras e fracionadas). Ao passo que o produto  $K_{ij}^{\ell} \times C_{ij}$  representa a economia obtida para cada grau de precisão, tipo de posicionamento e nível de experiência do operador em análise.

Logo, para os dois tipos de posicionamento e os três graus de precisão estudados, a expressão da economia dos tempos assume a seguinte forma:

$$E = \left\{ A_1 B_1 \left[ K_{11}^{\ell} \cdot C_{11} + K_{12}^{\ell} \cdot C_{12} + K_{13}^{\ell} \cdot C_{13} \right] + \right. \\ \left. + A_2 B_2 \left[ K_{21}^{\ell} \cdot C_{21} + K_{22}^{\ell} \cdot C_{22} + K_{23}^{\ell} \cdot C_{23} \right] \right\} \quad (4.1)$$

onde a variável  $\ell$  assume os valores A, B, C, conforme o nível de experiência do operador.

Generalizando para  $n$  tipos de posicionamentos e  $m$  graus de precisão, a expressão da economia de tempos, tornar-se-á da forma:

$$E = \sum_{i=1}^n A_i B_i \left[ \sum_{j=1}^m K_{ij}^{\ell} \cdot C_{ij} \right] \quad (4.2)$$



4.4. Exemplo

Aqui será mostrado o cálculo da recuperação do capital (PAY BACK) investido na aquisição do "Read Out" para uma certa peça tomada como exemplo.

a) quanto a peça a ser analisada deve-se saber:

a.1) Percentual do número de posicionamentos  $A_i$

- envolvendo dimensões inteiras:  $A_1 = 20\%$
- envolvendo dimensões fracionadas:  $A_2 = 80\%$

a.2) Percentual do tempo total destinado a cada um dos tipos de posicionamento  $B_i$

- dimensões inteiras:  $B_1 = 35\%$
- dimensões fracionadas:  $B_2 = 25\%$

a.3) Tolerâncias das dimensões, encontradas no desenho da peça,  $C_{ij}$

Tipo de Posicionamento	Grau de Precisão	
Dimensões Inteiras	Preciso	$C_{11} - 40\%$
	Médio	$C_{12} - 30\%$
	Grosseiro	$C_{13} - 30\%$
Dimensões Fracionadas	Preciso	$C_{21} - 60\%$
	Médio	$C_{22} - 30\%$
	Grosseiro	$C_{23} - 10\%$

- b) O tipo de experiência do operador será arbitrado para este exemplo como pertencente a classe B, ou seja, operador possuindo média experiência.
- c) O custo do "Read Out" para três direções de deslocamentos (com comprimento de cada escala de 900mm) foi estipulado pelo próprio fabricante como sendo de Cr\$ 120.000,00, quando da realização deste trabalho.
- d) Considerar-se-á como o custo operacional, todos os custos envolvidos para o funcionamento efetivo do equipamento, entre eles pode-se citar a mão-de-obra, energia, manutenção, espaço físico, depreciação e outras. Adotar-se-á o valor de Cr\$ 100.000,00 mensais, para efeito de ilustração da metodologia.
- e) A taxa de juros será arbitrada para efeitos de cálculos como sendo igual a 3% ao mês.

#### 4.4.1. Determinação da Recuperação do Capital

Utilizando a expressão (4.1) obtem-se a economia dos tempos da seguinte forma:

$$E_B = \left\{ 0,20 \cdot 0,35 \left[ 0,15 \cdot 0,40 + 0,15 \cdot 0,30 + 0,16 \cdot 0,30 \right] + \right. \\ \left. + 0,80 \cdot 0,25 \left[ 0,77 \cdot 0,60 + 0,45 \cdot 0,30 + 0,33 \cdot 0,10 \right] \right\}$$

onde o índice B refere-se a classe de operadores de média experiência,

resultando

$$E_B = 13,65\%$$

Então para o custo operacional de Cr\$ 100.000,00 tem-se a economia de Cr\$ 13.650,00 mensais.

Pode-se agora determinar o número de períodos para a recuperação do capital com a economia acima encontrada, que segundo Hess [7; 27] é dado por:

$$P = R \cdot FVA(i, n)$$

onde:

$n$  - número de períodos de capitalização

$P$  - principal ou capital no período  $n = 0$

$i$  - taxa de juros por período de capitalização

$R$  - série uniforme de pagamentos

$$FVA(i, n) = \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n}$$

então para

$$P = \text{Cr\$ } 120.000,00$$

$$i = 3\% \text{ ao mês}$$

$$R = \text{Cr\$ } 13.650,00$$

encontra-se um tempo de 10 meses para a recuperação do capital investido.

#### 4.5. Análise de Sensibilidade

Observando-se o Quadro 6 pode-se notar que os valores do coeficiente  $K_{ij}^{\ell}$  são maiores para a classe C, sendo mais acentuado quando envolve posicionamentos de dimensões fracionadas, e decrescem para a classe dos operadores mais experientes. Para estabelecer esta variação dos níveis de experiência do operador com os tipos de peças encontradas na prática, estudar-se-ã duas situações considerando-se uma bastante favorável para a utilização do "Read Out" e a outra totalmente desfavorável considerando apenas 50% do tempo total destinado a posicionamentos.

##### a) Situação Desfavorável:

Percentual do número de posicionamentos

- envolvendo dimensões inteiras  $A_1 = 50\%$
- envolvendo dimensões fracionadas  $A_2 = 50\%$

Percentual do tempo total destinado a cada um dos posicionamentos

- dimensões inteiras  $B_1 = 20\%$
- dimensões fracionadas  $B_2 = 30\%$

## Tolerâncias das dimensões

Tipo de Posicionamento	Grau de Precisão	
Dimensões Inteiras	Preciso	$C_{11} - 60\%$
	Médio	$C_{12} - 20\%$
	Grosseiro	$C_{13} - 20\%$
Dimensões Fracionadas	Preciso	$C_{21} - 50\%$
	Médio	$C_{22} - 30\%$
	Grosseiro	$C_{23} - 20\%$

## b) Situação Favorável

Percentual do número de posicionamentos

- envolvendo dimensões inteiras  $A_1 = 10\%$
- envolvendo dimensões fracionadas  $A_2 = 90\%$

Percentual do tempo total destinado a cada um dos posicionamentos

- dimensões inteiras  $B_1 = 15\%$
- dimensões fracionadas  $B_2 = 65\%$

## Tolerância das dimensões

Tipo de Posicionamento	Grau de Precisão	
Dimensões Inteiras	Preciso	$C_{11}$ - 60%
	Médio	$C_{12}$ - 30%
	Grosseiro	$C_{13}$ - 10%
Dimensões Fracionadas	Preciso	$C_{21}$ - 75%
	Médio	$C_{22}$ - 15%
	Grosseiro	$C_{23}$ - 10%

Calculando-se até aqui os períodos de recuperação do capital para estas duas situações, para vários custos operacionais e os três níveis de experiência (Figuras 11 e 12), pode-se notar que apenas aumentando-se o tempo destinado a posicionamentos e o número de dimensões fracionadas, a recuperação do capital assume valores de poucos meses mesmo considerando-se custos operacionais bastante baixos.

Pode-se concluir que para operadores com vários anos de experiência usinando peças simples com poucos períodos de posicionamento não é tão vantajosa economicamente sua aquisição.

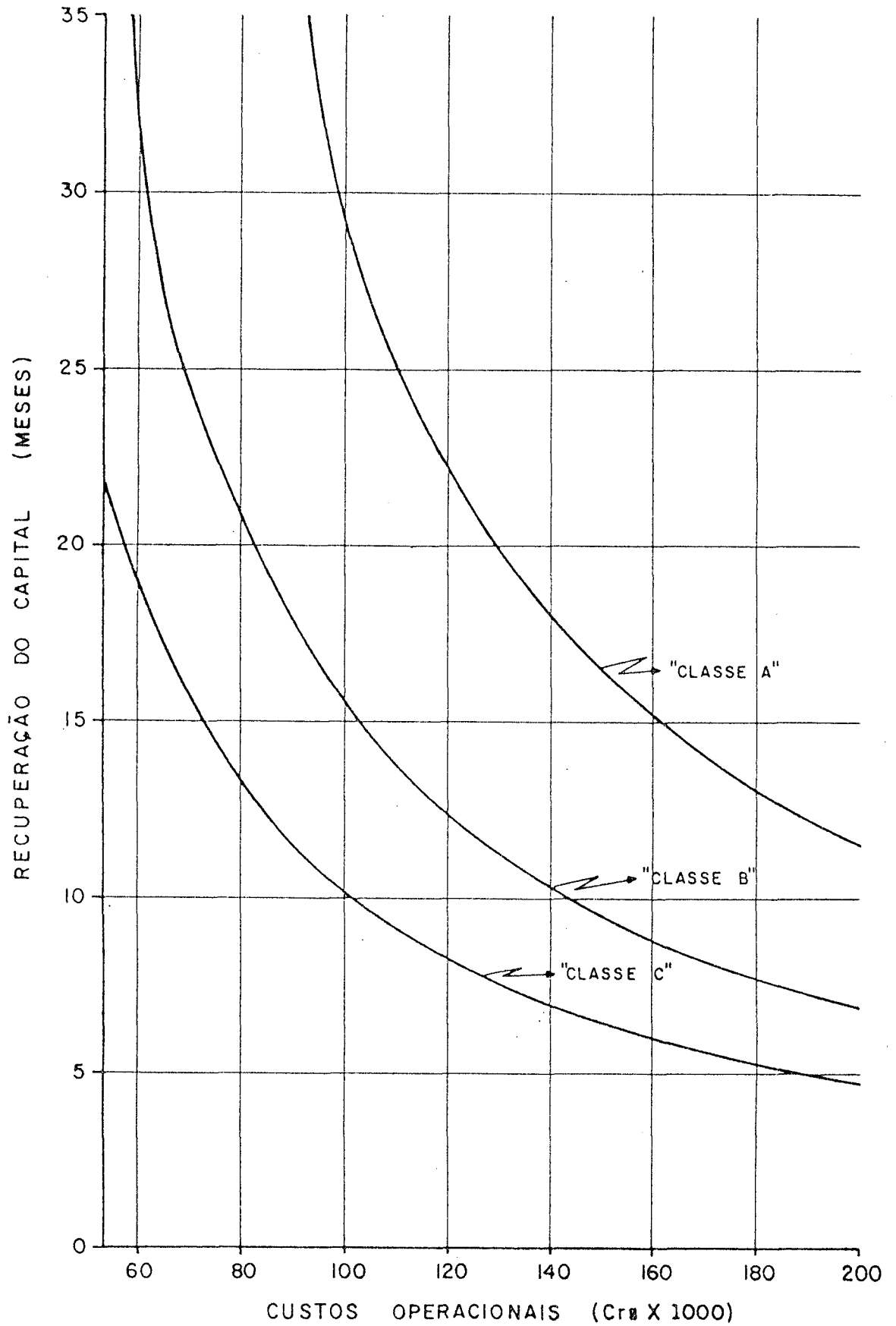


Figura 11. - Recuperação do Capital para as Diferentes Classes de Operadores

(Situação Desfavorável)

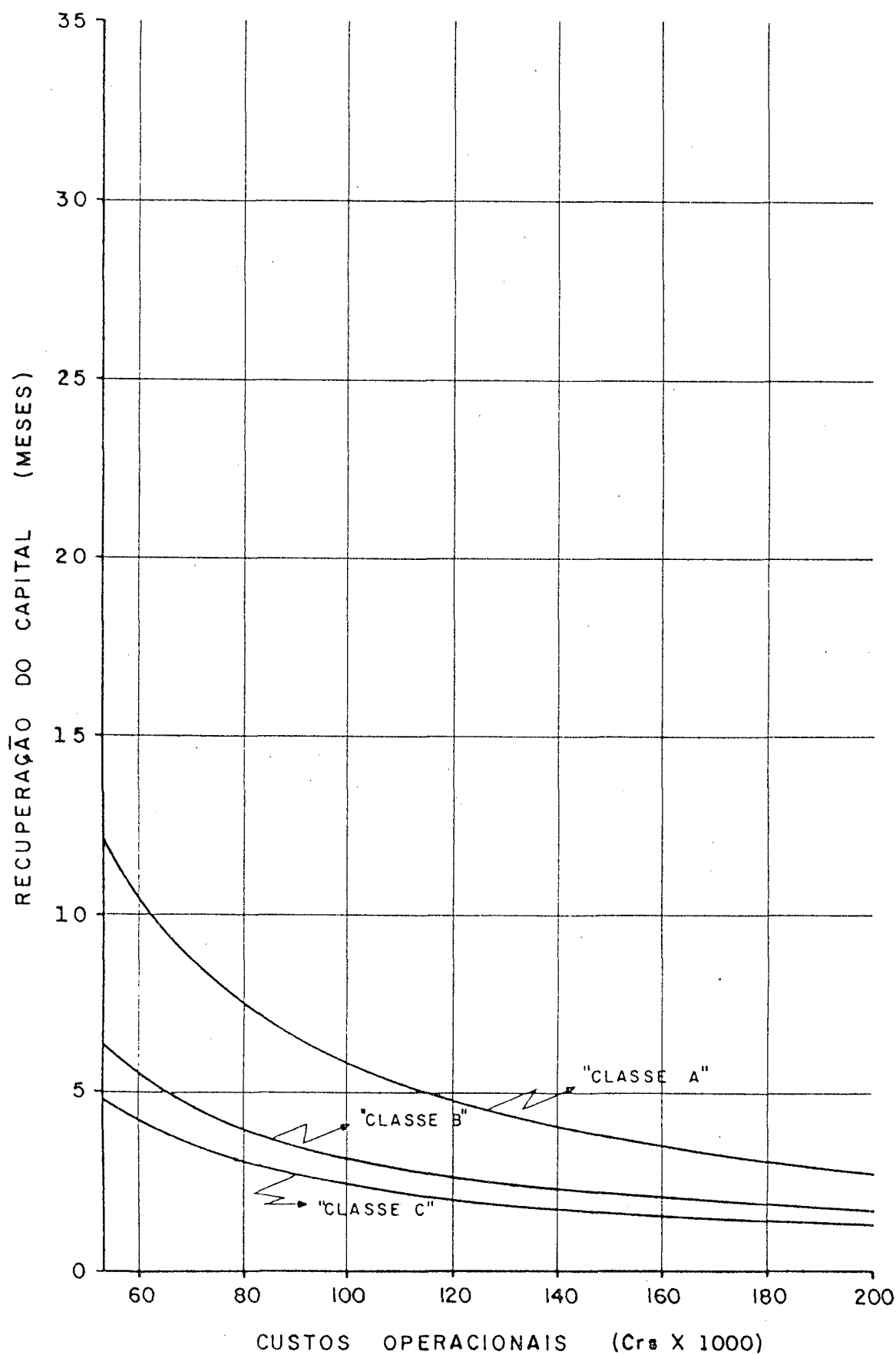


Figura 12. - Recuperação do Capital para as Diferentes Classes de Operadores.

(Situação Favorável)



Por outro lado operadores com pouca ou nenhuma experiência mesmo usinando peças simples, a recuperação do investimento se efetua dentro de um prazo de tempo relativamente pequeno como pode ser observado nas Figuras 11 e 12.

## CAPÍTULO V

## 5. CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES

## 5.1. Conclusões

Pela análise dos tempos (Capítulo 2) obteve-se como redução média em relação ao "Read Out" para os operadores analisados, cerca de 25% para os tempos totais de posicionamentos. Considerando-se, que estes tempos representam 60% do tempo total de fabricação tem-se uma economia de 15% ( $25\% \cdot 0,60$ ) e um correspondente aumento de produtividade em torno de 18% (visto que  $(1-0,15)^{-1}$ ). Este aumento na produtividade é sem dúvida bastante significativo em relação ao custo de aquisição de um "Read Out".

Pelo método convencional de posicionamentos os operadores para obter boa precisão precisam de empirismo ou seja, grande experiência prática. O problema maior reside nas folgas apresentadas pela máquina, onde necessita-se de certos artifícios como algumas "pancadinhas" no manípulo no final do posicionamento, para conservar a folga acumulada.

Quando os operadores usinaram as peças utilizando o "Read Out" a qualidade obtida praticamente independia de sua experiência, conforme foi mostrado no Capítulo 3, na análise da precisão. Quanto a precisão alcançada, 13% dos erros foram de leituras para o método convencional enquanto que apenas 0,5% utilizando-se o

"Read Out".

As economias obtidas para qualquer tipo de peças usinadas em uma mandriladora-fresadora, podem ser calculados, bastando para isso que se aplique a expressão geral 4.2. desenvolvida no Capítulo 4, onde estas economias dependem; do nível de experiência do operador, do tempo destinado aos posicionamentos e da complexidade da peça. Considerando-se operadores semi-especializados, e o tipo de peça definido na página 50 (situação favorável), a recuperação do investimento na aquisição de um "Read Out" se efetua num prazo de três a seis meses, como pode ser observado a partir da Figura 12.

## 5.2. Limitações

Os resultados obtidos neste trabalho se aplicam unicamente as mandriladoras-fresadoras, mas podem servir para dar uma idéia dos resultados da instalação de um "Read Out" em outras máquinas operatrizes, desde que, tenham processos de posicionamentos semelhantes, ou a utilização de sua metodologia para qualquer aperfeiçoamento tecnológico nestes tipos de máquinas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDERSON, E. H. & SCHWENNING, G. T. Organização Científica da Produção. São Paulo, Atlas, 1959. 299 p.
2. BARNES, Ralph M. Estudo de Movimentos e de Tempos: projeto e medida do trabalho. São Paulo, Edgard Blücher, 1977. 635 p.
3. BUFFA, Elwood S. Administração da Produção. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1972. 2 v.
4. CURRIE, R. M. Work Study. London, Unwin Brothers, 1972. 263 p.
5. FLEISCHER, Gerald A. Teoria da Aplicação do Capital: um estudo das decisões de investimento. São Paulo, Edgard Blücher, 1973. 272 p.
6. HEIDENHAIN, Johannes. Mehr leisten mit positionsanzeige. Germany, 1977. 5 p.
7. HESS, Geraldo et alii. Engenharia Econômica. Rio de Janeiro. Forum, 1974. 100 p.
8. HOEL, Paul G. Estatística Elementar. São Paulo, Atlas, 1977. 430 p.
9. KRICK, Edward V. Métodos e Sistemas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1971. 2 v.

10. MAYNARD, H. B. Manual de Engenharia de Produção. São Paulo, Edgard Blücher, 1970. 10 v.
11. MUNDEL, Marvin E. Estudo de Movimentos e Tempos. princípios e prática. São Paulo, Mestre Jou, 1966. 676 p.
12. OLIVETTI CONTROLLO NUMERICO. Inductosyni trasduttori lineari e rotativi. Bolletino di Informazione Tecnica, Italy, 8 p. Apr. 1973.
13. RIGGS, James L. Administração da Produção. Planejamento, análise e controle. São Paulo, Atlas, 1976. 2 v.
14. ROCHA, Luiz O. L. Organização e Métodos. uma abordagem prática. São Paulo, Atlas, 1977. 283 p.
15. ROSSI, Mário. Máquinas-Operatrizes Modernas. Rio de Janeiro, Livro Ibero - Americano, 1970. 2 v.
16. STARR, Martins K. Administração da Produção. sistemas e sínteses. São Paulo, Edgard Blücher, 1971. 554 p.
17. STEMMER, Caspar Erich. Projeto e Construção de Máquinas. Porto Alegre, Globo, 1974. 300p.
18. TAYLOR, Frederick W. Princípios de Administração Científica. São Paulo, Atlas, 1978. 134 p.

19. TOLEDO, Itys - Fides Bueno, Jr & KURATOMI, Shoei, Cronoanálise. São Paulo, Itycho, 1977. 413 p.

## A N E X O 1

"FOLHA DE OBSERVAÇÕES"

FOLHA DE OBSERVAÇÕES			
FOLHA Nº 50		DATA: 23/10/78	
NOME DO OPERADOR JOSÉ CARLOS		ORDEM 08	
MÉTODO UTILIZADO		CONVENCIONAL <input type="checkbox"/> READ OUT <input checked="" type="checkbox"/>	PEÇA Nº 48
INICIO: 10:00	FIM: 11:05	TEMPO DECORRIDO: 0,9561	
DESCRIÇÃO DO ELEMENTO			TEMPO
1. PRIMEIRO POSICIONAMENTO DA FRESA NA FACE SUPERIOR (1mm)		T	0,0133
		L	0,0133
2. FRESAGEM AVANÇO AUTOMÁTICO		T	0,1950
		L	0,2083
3. SEGUNDO POSICIONAMENTO DA FRESA NA FACE SUPERIOR (1mm)		T	0,0133
		L	0,2216
4. FRESAGEM AVANÇO AUTOMÁTICO		T	0,1950
		L	0,4166
5. PRIMEIRO POSICIONAMENTO DA FRESA NA FACE LATERAL DIREITA (1mm)		T	0,0281
		L	0,4417
6. FRESAGEM AVANÇO AUTOMÁTICO		T	0,0308
		L	0,4755
7. SEGUNDO POSICIONAMENTO DA FRESA NA FACE LATERAL DIREITA (1mm)		T	0,0281
		L	0,5036
8. FRESAGEM AVANÇO AUTOMÁTICO		T	0,0308
		L	0,5344
9. PRIMEIRO POSICIONAMENTO DA FRESA NA FACE LATERAL ESQUERDA (1mm)		T	0,0358
		L	0,5702
10. FRESAGEM AVANÇO AUTOMÁTICO		T	0,0339
		L	0,6041
11. SEGUNDO POSICIONAMENTO DA FRESA NA FACE LATERAL ESQUERDA (1mm)		T	0,0358
		L	0,6399
12. FRESAGEM AVANÇO AUTOMÁTICO		T	0,0339
		L	0,6738
13. TROCA DE FERRAMENTA		T	0,0350
		L	0,7088
14. POSICIONAMENTO DA BROCA, DE 20,0mm DA FACE SUPERIOR A PRIMEIRA SEQUÊNCIA DE FUROS		T	0,0136
		L	0,7224



DESCRIÇÃO DO ELEMENTO		TEMPO
15. POSICIONAMENTO DE 15,0mm DA FACE LATERAL ESQUERDA AO PRIMEIRO FURO	T	0,0181
	L	0,7405
16. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0094
	L	0,7499
17. POSICIONAMENTO DO SEGUNDO FURO DISTANDO 20,0mm DO PRIMEIRO	T	0,0028
	L	0,7527
18. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0039
	L	0,7566
19. POSICIONAMENTO DO TERCEIRO FURO DISTANDO 20,0mm DO SEGUNDO	T	0,0061
	L	0,7627
20. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0036
	L	0,7663
21. POSICIONAMENTO DO QUARTO FURO DISTANDO 20,0mm DO TERCEIRO	T	0,0067
	L	0,7730
22. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0044
	L	0,7774
23. POSICIONAMENTO DO QUINTO FURO DISTANDO 20,0mm DO QUARTO	T	0,0075
	L	0,7849
24. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0039
	L	0,7888
25. POSICIONAMENTO DO SEXTO FURO DISTANDO 20,0mm DO QUINTO	T	0,0053
	L	0,7941
26. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0033
	L	0,7974
27. POSICIONAMENTO DO SÉTIMO FURO DISTANDO 20,0mm DO SEXTO	T	0,0047
	L	0,8021
28. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0036
	L	0,8057
29. POSICIONAMENTO DO OITAVO FURO DISTANDO 20,0mm DO SÉTIMO	T	0,0050
	L	0,8107
30. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0036
	L	0,8143
31. POSICIONAMENTO DO NONO FURO DISTANDO 20,0mm DO OITAVO	T	0,0047
	L	0,8190
32. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0036
	L	0,8226

DESCRIÇÃO DO ELEMENTO		TEMPO
33. POSICIONAMENTO DO DÉCIMO FURO DISTANDO 20,0mm DO NONO	T	0,0056
	L	0,8282
34. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0039
	L	0,8321
35. POSICIONAMENTO DA BROCA, DE 37,5mm DA FACE SUPERIOR À SEGUNDA SEQUÊNCIA DE FURROS	T	0,0211
	L	0,8532
36. POSICIONAMENTO DO PRIMEIRO FURO DISTANDO 15,0mm DA FACE ESQUERDA	T	0,0158
	L	0,8690
37. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0039
	L	0,8729
38. POSICIONAMENTO DO SEGUNDO FURO DISTANDO 32,0mm DA FACE ESQUERDA	T	0,0075
	L	0,8804
39. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0036
	L	0,8840
40. POSICIONAMENTO DO TERCEIRO FURO DISTANDO 53,40mm DA FACE ESQUERDA	T	0,0072
	L	0,8912
41. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0036
	L	0,8948
42. POSICIONAMENTO DO QUARTO FURO DISTANDO 74,85mm DA FACE ESQUERDA	T	0,0053
	L	0,9001
43. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0036
	L	0,9037
44. POSICIONAMENTO DO QUINTO FURO DISTANDO 93,27mm DA FACE ESQUERDA	T	0,0058
	L	0,9095
45. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0031
	L	0,9126
46. POSICIONAMENTO DO SEXTO FURO DISTANDO 116,73mm DA FACE ESQUERDA	T	0,0056
	L	0,9182
47. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0036
	L	0,9218
48. POSICIONAMENTO DO SÉTIMO FURO DISTANDO 135,15mm DA FACE ESQUERDA	T	0,0047
	L	0,9265
49. ABRIR FURO DE 10 $\phi$ mm	T	0,0036
	L	0,9301
50. POSICIONAMENTO DO OITAVO FURO DISTANDO 156,60mm DA FACE ESQUERDA	T	0,0069
	L	0,9370



A N E X O 2

"TEMPOS OBTIDOS NA CRONOMETRAGEM"

NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DO OPERADOR: 18 ANOS (a)

TEMPOS EM HORAS DECIMAIS

TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTO		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES INTEIRAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES FRACIONADAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO PARA FRESAGEM	
CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT
01. 0,4692	05. 0,4378	01. 0,1327	05. 0,1197	01. 0,1414	05. 0,1003	01. 0,1951	05. 0,2178
02. 0,5564	06. 0,3967	02. 0,1746	06. 0,0993	02. 0,0953	06. 0,0954	02. 0,2865	06. 0,2020
03. 0,4426	07. 0,4085	03. 0,1269	07. 0,1156	03. 0,1004	07. 0,0855	03. 0,2153	07. 0,2074
04. 0,5505	08. 0,4063	04. 0,1002	08. 0,1068	04. 0,1114	08. 0,0855	04. 0,3389	08. 0,2140
$\Sigma T = 2,0187$	$\Sigma T = 1,6493$	$\Sigma T = 0,5344$	$\Sigma T = 0,4414$	$\Sigma T = 0,4485$	$\Sigma T = 0,3671$	$\Sigma T = 1,0358$	$\Sigma T = 0,8412$
$\bar{T} = 0,5047$	$\bar{T} = 0,4123$	$\bar{T} = 0,1336$	$\bar{T} = 0,1104$	$\bar{T} = 0,1121$	$\bar{T} = 0,0918$	$\bar{T} = 0,2590$	$\bar{T} = 0,2103$
$V = 18,31\%$		$V = 17,37\%$		$V = 18,11\%$		$V = 18,80$	

NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DO OPERADOR: 12 ANOS (b)

TEMPOS EM HORAS DECIMAIS

TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTO		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES INTEIRAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES FRAÇONADAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO PARA FRESAGEM	
CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT
01. 0,4211	05. 0,3447	01. 0,0828	05. 0,0793	01. 0,1251	05. 0,0722	01. 0,2132	05. 0,1932
02. 0,4979	06. 0,3733	02. 0,0826	06. 0,0822	02. 0,1490	06. 0,0876	02. 0,2663	06. 0,2035
03. 0,4081	07. 0,3350	03. 0,0820	07. 0,0750	03. 0,1307	07. 0,1954	03. 0,1954	07. 0,1923
04. 0,3807	08. 0,3145	04. 0,0848	08. 0,0760	04. 0,1187	08. 0,0594	04. 0,1772	08. 0,1791
$\Sigma T = 1,7078$	$\Sigma T = 1,3675$	$\Sigma T = 0,3322$	$\Sigma T = 0,3125$	$\Sigma T = 0,5235$	$\Sigma T = 0,2869$	$\Sigma T = 0,8521$	$\Sigma T = 0,7681$
$\bar{T} = 0,4270$	$\bar{T} = 0,3419$	$\bar{T} = 0,0831$	$\bar{T} = 0,0781$	$\bar{T} = 0,1309$	$\bar{T} = 0,0717$	$\bar{T} = 0,2130$	$\bar{T} = 0,1920$
V = 19,93%		V = 6,02%		V = 45,23%		V = 9,86%	

NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DO OPERADOR: 6 ANOS (c)

TEMPOS EM HORAS DECIMAIS

TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTO		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES INTEIRAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES FRACIONADAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO PARA FRESAGEM	
CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT
01. 0,4395	05. 0,3780	01. 0,0911	05. 0,0975	01. 0,1697	05. 0,1037	01. 0,1787	05. 0,1769
02. 0,5620	06. 0,4024	02. 0,0991	06. 0,1023	02. 0,1783	06. 0,1168	02. 0,2846	06. 0,1833
03. 0,4214	07. 0,3491	03. 0,0878	07. 0,0731	03. 0,1428	07. 0,1172	03. 0,1908	07. 0,1588
04. 0,4599	08. 0,3558	04. 0,0820	08. 0,0746	04. 0,1595	08. 0,0983	04. 0,2184	08. 0,1829
$\Sigma T = 1,1828$	$\Sigma T = 1,4853$	$\Sigma T = 0,3600$	$\Sigma T = 0,3475$	$\Sigma T = 0,6503$	$\Sigma T = 0,4360$	$\Sigma T = 0,9725$	$\Sigma T = 0,7018$
$\bar{T} = 0,4707$	$\bar{T} = 0,3713$	$\bar{T} = 0,0900$	$\bar{T} = 0,0869$	$\bar{T} = 0,1626$	$\bar{T} = 0,1090$	$\bar{T} = 0,2181$	$\bar{T} = 0,1755$
V = 21,12%		V = 3,44%		V = 32,96%		V = 19,53%	

NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DO OPERADOR: 2 ANOS (d)

TEMPOS EM HORAS DECIMAIS

TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTO		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES INTEIRAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES FRACIONADAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO PARA FRESAGEM	
CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT
01. 0,5133	05. 0,3030	01. 0,0919	05. 0,0759	01. 0,1889	05. 0,0957	01. 0,2325	05. 0,1314
02. 0,3513	06. 0,3346	02. 0,0754	06. 0,0776	02. 0,1130	06. 0,0711	02. 0,1629	06. 0,1859
03. 0,4127	07. 0,3248	03. 0,0815	07. 0,0716	03. 0,1650	07. 0,0889	03. 0,1662	07. 0,1643
04. 0,4519	08. 0,3128	04. 0,0858	08. 0,0819	04. 0,1369	08. 0,0779	04. 0,2292	08. 0,1530
$\Sigma T = 1,7292$	$\Sigma T = 1,2752$	$\Sigma T = 0,3340$	$\Sigma T = 0,3070$	$\Sigma T = 0,6038$	$\Sigma T = 0,3336$	$\Sigma T = 0,7908$	$\Sigma T = 0,6346$
$\bar{T} = 0,4323$	$\bar{T} = 0,3188$	$\bar{T} = 0,0835$	$\bar{T} = 0,0768$	$\bar{T} = 0,1510$	$\bar{T} = 0,0834$	$\bar{T} = 0,1977$	$\bar{T} = 0,1587$
$V = 26,25\%$		$V = 8,02\%$		$V = 44,77\%$		$V = 19,72\%$	



NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DO OPERADOR: 2 MESES (e)

TEMPOS EM HORAS DECIMAIS

TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTO		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES INTEIRAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES FRACIONADAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO PARA FRESAGEM	
CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT
01. 0,4345	05. 0,3010	01. 0,0908	05. 0,0828	01. 0,1449	05. 0,0802	01. 0,1988	05. 0,1390
02. 0,4076	06. 0,2965	02. 0,0904	06. 0,0764	02. 0,1233	06. 0,0667	02. 0,1939	06. 0,1534
03. 0,4531	07. 0,3019	03. 0,0951	07. 0,0866	03. 0,1447	07. 0,0826	03. 0,2133	07. 0,1327
04. 0,3636	08. 0,3142	04. 0,0817	08. 0,0801	04. 0,1314	08. 0,0750	04. 0,1505	08. 0,1591
ΣT= 1,6588	ΣT= 1,2136	ΣT= 0,3580	ΣT= 0,3259	ΣT= 0,5443	ΣT= 0,3045	ΣT= 0,7565	ΣT= 0,5832
T̄= 0,4147	T̄= 0,3034	T̄= 0,0895	T̄= 0,0815	T̄= 0,1361	T̄= 0,0761	T̄= 0,1891	T̄= 0,1458
V= 26,84%		V= 8,94%		V= 44,09%		V= 22,89%	

NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DO OPERADOR: 1 ANO (f)

TEMPOS EM HORAS DECIMAIS

TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTO		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES INTEIRAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES FRACIONADAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO PARA FRESAGEM	
CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT
01. 0,4934	05. 0,3639	01. 0,1153	05. 0,0941	01. 0,1509	05. 0,0667	01. 0,2272	05. 0,2031
02. 0,4584	06. 0,3358	02. 0,0959	06. 0,0976	02. 0,1406	06. 0,0871	02. 0,2219	06. 0,1511
03. 0,4624	07. 0,3528	03. 0,1025	07. 0,0956	03. 0,1426	07. 0,0720	03. 0,2173	07. 0,1852
04. 0,4894	08. 0,3469	04. 0,1087	08. 0,0961	04. 0,1489	08. 0,0818	04. 0,2318	08. 0,1690
ΣT= 1,9036	ΣT= 1,3994	ΣT= 0,4224	ΣT= 0,3834	ΣT= 0,5830	ΣT= 0,3076	ΣT= 0,8982	ΣT= 0,7084
T̄= 0,4759	T̄= 0,3499	T̄= 0,1056	T̄= 0,0959	T̄= 0,1458	T̄= 0,0769	T̄= 0,2246	T̄= 0,1771
V= 28,48%		V= 9,19%		V= 47,26%		V= 21,15%	

NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DO OPERADOR: 4 MESES (g)

TEMPOS EM HORAS DECIMAIS

TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTO		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES INTEIRAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES FRACIONADAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO PARA FRESAGEM	
CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT
01. 0,5495	05. 0,4245	01. 0,0953	05. 0,0954	01. 0,1734	05. 0,0860	01. 0,2808	05. 0,2431
02. 0,4520	06. 0,3400	02. 0,0802	06. 0,0781	02. 0,1306	06. 0,0762	02. 0,2412	06. 0,1857
03. 0,5589	07. 0,4002	03. 0,0980	07. 0,0753	03. 0,1854	07. 0,0814	03. 0,2755	07. 0,2435
04. 0,4969	08. 0,3227	04. 0,0904	08. 0,0665	04. 0,1369	08. 0,0671	04. 0,2696	08. 0,1891
$\Sigma T = 2,0573$	$\Sigma T = 1,4874$	$\Sigma T = 0,3639$	$\Sigma T = 0,3153$	$\Sigma T = 0,6263$	$\Sigma T = 0,3107$	$\Sigma T = 1,0671$	$\Sigma T = 0,8614$
$\bar{T} = 0,5143$	$\bar{T} = 0,3719$	$\bar{T} = 0,0910$	$\bar{T} = 0,0788$	$\bar{T} = 0,1566$	$\bar{T} = 0,0777$	$\bar{T} = 0,2668$	$\bar{T} = 0,2154$
V= 27,69%		V= 13,41%		V= 50,38%		V= 19,27%	

NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DO OPERADOR: 6 SEMANAS (h)

TEMPOS EM HORA DECIMAIS

TEMPOS TOTAIS DE POSICIONAMENTO		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES INTEIRAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO DE DIMENSÕES FRACIONADAS		TEMPOS DE POSICIONAMENTO PARA FRESAGEM	
CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT	CONVENCIONAL	READ OUT
01. 0,9279	05. 0,5307	01. 0,2408	05. 0,1606	01. 0,2600	05. 0,1300	01. 0,4271	05. 0,2401
02. 0,8813	06. 0,5296	02. 0,2139	06. 0,1471	02. 0,3612	06. 0,1467	02. 0,3062	06. 0,2358
03. 0,6088	07. 0,4825	03. 0,1127	07. 0,1603	03. 0,2278	07. 0,1279	03. 0,2683	07. 0,1943
04. 0,6559	08. 0,3679	04. 0,1438	08. 0,1128	04. 0,2537	08. 0,1035	04. 0,2584	08. 0,1516
$\Sigma T = 3,0739$	$\Sigma T = 1,9107$	$\Sigma T = 0,7112$	$\Sigma T = 0,5808$	$\Sigma T = 1,1027$	$\Sigma T = 0,5081$	$\Sigma T = 1,2600$	$\Sigma T = 0,8218$
$\bar{T} = 0,7685$	$\bar{T} = 0,4777$	$\bar{T} = 0,1778$	$\bar{T} = 0,1452$	$\bar{T} = 0,2757$	$\bar{T} = 0,1270$	$\bar{T} = 0,3150$	$\bar{T} = 0,2055$
V= 37,84%		V= 18,34%		V= 53,94%		V= 34,76%	

## A N E X O 3

"TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS"

## TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS

Nº	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	TEMPO TMU	
		CONV.	R.O.
1	LIGAR A MÁQUINA	38,8	38,8
2	POSICIONAR A FRESA NA FACE SUPERIOR	1400,6	1400,6
3	DESLOCAR A FRESA P/ MARCAR A PROFUNDI DADE DE CORTE	506,2	506,2
4	ZERAR COLAR GRADUADO	1885,7	-
5	POSICIONAMENTO DE 1mm DE PROFUNDIDADE	113,5	93,9
6	LIGAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
7	FRESAR	-	-
8	RETORNO AUTOMÁTICO DA FRESA	738,0	738,0
9	SEGUNDO POSICIONAMENTO DE 1mm DE PRO- FUNDIDADE	113,5	93,0
10	LIGAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
11	FRESAR	-	-
12	RETORNO AUTOMÁTICO DA FRESA	738,0	738,0
13	POSICIONAR A FRESA NA FACE LATERAL DI REITA	1213,9	1213,9
14	ZERAR COLAR GRADUADO	1885,7	-
15	POSICIONAMENTO DE 1mm DE PROFUNDIDADE	105,2	91,6
16	LIGAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
17	FRESAR	-	-

Nº	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	TEMPO TMU	
		CONV.	R.O.
18	RETORNO AUTOMÁTICO DA FRESA	521,3	521,3
19	SEGUNDO POSICIONAMENTO DE 1mm DE PRO-	105,2	91,6
20	LIGAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
21	FRESAR	-	-
22	DESLOCAR A FRESA P/ O LADO ESQUERDO	1217,0	1217,0
23	POSICIONAR A FRESA NO LADO ESQUERDO	1153,9	1103,9
24	ZERAR COLAR GRADUADO	1885,7	-
25	POSICIONAMENTO DE 1mm DE PROFUNDIDADE	105,2	91,6
26	LIGAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
27	FRESAR	-	-
28	RETORNO AUTOMÁTICO DA FRESA	623,3	623,3
29	SEGUNDO POSICIONAMENTO DE 1mm DE PROFUNDIDADE	102,5	91,6
30	LIGAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
31	FRESAR	-	-
32	MUDAR FERRAMENTA	-	-
33	POSICIONAR A BROCA NA FACE SUPERIOR	1400,6	1400,6
34	ZERAR COLAR GRADUADO	1885,7	-
35	RECUAR A BROCA	353,6	353,6

Nº	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	TEMPO TMU	
		CONV.	R.O.
36	POSICIONAR NA VERTICAL PRIMEIRA SÉRIE DE FUROS	1807,4	1767,4
37	DESLOCAR A BROCA P/ A FACE LATERAL ESQUERDA	155,6	155,6
38	AVANÇAR A BROCA	353,6	353,6
39	POSICIONAR A BROCA NA FACE LATERAL ESQUERDA	1153,9	1103,9
40	ZERAR COLAR GRADUADO	1885,7	-
41	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
42	POSICIONAR NA HORIZONTAL PRIMEIRO FURO	346,8	266,8
43	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
44	FURAR	-	-
45	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
46	POSICIONAR SEGUNDO FURO	346,8	266,8
47	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
48	FURAR	-	-
49	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
50	POSICIONAR TERCEIRO FURO	346,8	266,8
51	ACIONAR AUTOMATICO	64,5	64,5
52	FURAR	-	-



Nº	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	TEMPO TMU	
		CONV.	R.O.
53	RECUAR ABROCA	353,6	353,6
54	POSICIONAR QUARTO FURO	346,8	266,8
55	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
56	FURAR	-	-
57	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
58	POSICIONAR QUINTO FURO	346,8	266,8
59	ACIONAR AUTOMATICO	64,5	64,5
60	FURAR	-	-
61	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
62	POSICIONAR SEXTO FURO	346,8	266,8
63	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
64	FURAR	-	-
65	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
66	POSICIONAR SÉTIMO FURO	346,8	266,8
67	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
68	FURAR	-	-
69	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
70	POSICIONAR OITAVO FURO	346,8	266,8
71	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
72	FURAR	-	-

Nº	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	TEMPO TMU	
		CONV.	R.O.
73	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
74	POSICIONAR NONO FURO	346,8	266,8
75	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
76	FURAR	-	-
77	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
78	POSICIONAR DÉCIMO FURO	346,8	266,8
79	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
80	FURAR	-	-
81	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
82	RETORNO AUTOMÁTICO DA BROCA	738,0	738,0
83	POSICIONAR NA VERTICAL SEGUNDA SÉRIE DE FUROS	1653,4	1593,4
84	AVANÇAR A BROCA	353,6	353,6
85	POSICIONAR A BROCA NA FACE LATERAL ESQUERDA	1103,9	1103,9
86	ZERAR COLAR GRADUADO	1885,7	-
87	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
88	POSICIONAR NA HORIZONTAL PRIMEIRO FURO, SEGUNDA SÉRIE	346,8	266,8
89	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
90	FURAR	-	-

Nº	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	TEMPO TMU	
		CONV.	R.O.
91	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
92	POSICIONAR SEGUNDO FURO	471,5	341,5
93	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
94	FURAR	-	-
95	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
96	POSICIONAR TERCEIRO FURO	499,1	329,1
97	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
98	FURAR	-	-
99	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
100	POSICIONAR QUARTO FURO	519,1	329,1
101	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
102	FURAR	-	-
103	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
104	POSICIONAR QUINTO FURO	529,5	399,5
105	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
106	FURAR	-	-
107	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
108	POSICIONAR SEXTO FURO	532,7	462,7
109	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
110	FURAR	-	-

Nº	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	TEMPO TMU	
		CONV.	R.O.
111	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
112	POSICIONAR SÉTIMO FURO	551,8	401,8
113	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
114	FURAR	-	-
115	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
116	POSICIONAR OITAVO FURO	569,2	429,2
117	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
118	FURAR	-	-
119	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
120	POSICIONAR NONO FURO	581,5	441,5
121	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
122	FURAR	-	-
123	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
124	POSICIONAR DÉCIMO FURO	592,3	390,3
125	ACIONAR AUTOMÁTICO	64,5	64,5
126	FURAR	-	-
127	RECUAR A BROCA	353,6	353,6
T O T A L		47.304,3	33.493,6

## A N E X O 4

"NÍVEIS DE EXPERIÊNCIA DOS OPERADORES"

CARACTERÍSTICAS OPERADORES	IDADE (ANOS)	EXPERIÊNCIA ANTERIOR EM MÁQUINAS OPE- RATRIZES	GRAU DE INSTRUÇÃO	FORMAÇÃO TÉCNICA EM MÁQUI- NAS OPERATRIZES	
				CURSO	DURAÇÃO DO CURSO
a	37	18 anos	2º Grau Completo	Especialização Técnico Mecânico	4 anos
b	34	12 anos	2º Grau Incompleto	Curso em Máqui- nas Operatrizes	6 meses
c	27	6 anos	2º Grau Completo	Curso Técnico Mecânico	4 anos
d	22	2 anos	2º Grau Completo	Curso Técnico Mecânico	3 anos
e	26	2 meses	Universitário Incompleto	Estágio no Labora- tório de Máquinas Operatrizes	2 meses
f	23	1 ano	1º Grau Completo	Curso em Máqui- nas Operatrizes	6 meses
g	28	4 meses	Universitário incompleto	Estágio no Labora- tório de Máquinas Operatrizes	4 meses
h	27	6 semanas	Universitário Completo	Estágio no Labora- tório de Máquinas Operatrizes	6 semanas